

中國科技史概論
何丙郁・何冠彪合著
中華書局

中國科技史概論

何丙郁・何冠彪合著 中華書局

書　名：中國科技史概論
著　者：何丙郁　何冠彪
出版者：中華書局香港分局
香港九龍彌敦道450號
印刷者：中華商務聯合印刷（香港）有限公司
香港九龍炮仗街75號
1983年3月初版

ISBN 962 231 706 5

序

香港大學中文系在一九八一至八二學年增設"中國科技史"一科，教授文學院二年級學生。學習中國科技史，當以李約瑟(Joseph Needham)博士的《中國科學技術史》(*Science and Civilisation in China*)作爲參考書籍。雖然李氏整部巨著尚未完成，但已出版的十册，已經卷帙浩繁，使初學者畏懼。其次，當中有些卷册，在二十多年前經已出版，有待補充近二十年來的有關論著及最新發現的資料。有鑑於此，我撰寫了一部名 *Li, Qi and Shu: Introduction to Chinese Science and Civilisation* 的教科書，希望能爲選修本科的同學及其他有興趣研究科技史者，提供一條入門的途徑。在寫作期間，因感到中文著作方面也缺乏這類書籍，所以又和冠彪合著這部《中國科技史概論》。兩書的取材雖然大同小異，但內容詳略互見，實爲迎合中外讀者的不同需求。

《中國科技史概論》分爲四篇。第一篇講述中國傳統科學的基本原理，也就是"理"、"氣"、"數"。中國古代的自然科學並不像現代的科學一樣，和人文科學隔着一條鴻溝，互不相干。例如，許多古代的文學作品與科學有密切的關係，好像唐代詩人白居易(公元七七二年——公元八四六年)和南宋詩人陸游(公元一一二五年——公元一二〇九年)的著作都涉及煉丹術。因此，古典文學也是研究中國科技史的豐富寶藏。

其次，"理"、"氣"、"數"的原理不但曾經應用到科學上，而且可以運用來解釋其他各方面的知識。

第二、三、四篇分別說明"理"、"氣"、"數"原理的應用。第二篇講述數學，第三篇分析天文學，第四篇討論煉丹術，即早期化學。

本書開始寫作以來，得到不少友好的關注。李約瑟博士、澳洲國立大學柳存仁教授、美國賓夕法尼亞州立大學席文（ Nathan Sivin ）教授更在百忙中閱讀部分稿本，提出寶貴的意見。又得本系同事羅世略先生協助出版，及賴松偉、楊玉峯、陳遠止諸位同學謄正草稿，謹此致謝!

在這部書快要寫完的時候，李約瑟博士和魯桂珍博士剛巧來到香港。這兩位學者在過去幾十年來一直從事中國科技史的研究。他們的成就，無須我在這裏介紹。謹藉這個機會，把這部書獻給他們，以誌他們對中國科技史研究的貢獻和我們之間多年的友誼。

何丙郁

一九八一年十二月三十一日

序於香港大學中文系

目　錄

第四篇　煉丹術

第 一 篇

科學思想



一 理、氣、數

研究中國的科學與文明史，必須考查古代中國人對自然界的基本觀念。實際上，也祇有這樣去做才能夠多方面深入認識中國的文明。現以宋代理學家朱熹（公元一一三〇年——公元一二〇〇年）對“理”、“氣”兩個最根本的本質①的看法，作爲本書的研究開端。

“理”和“氣”這兩個概念並不容易理解。“理”通常指條理或準則，宋代的理學家卻把“理”作爲他們的哲學體系的最高範疇，認爲它是宇宙萬物的本原。“氣”的本義是空氣、氣體或蒸氣，但中國古代所說的“氣”，使人聯想到現代科學中的物質能量，相等於古希臘人說的“元氣”（*pneuma*）或古印度人說的“生命”（*prana*）。②

在討論朱熹的“理氣”學說以前，應先看看在他以前的中國哲學家對“氣”的觀點。《列子》③書中載有“杞人憂天”的故事，可代表一般的意見，引錄如下：

> “杞國有人，憂天地崩墜，身亡所寄，廢寢食者。又有憂彼之所憂者，因往曉之曰：‘天積氣耳，亡處亡氣，若屈伸呼吸，終日在天中行止，奈何憂崩墜乎？’某人曰：‘天果積氣，日月星宿，不當墜邪？’曉之者曰：‘日月星宿，亦積氣中之有光耀者，只使墜亦不能有所中傷。’其人曰：‘奈地壞何？’曉者曰：‘地積塊耳，充塞四虛，

亡處亡塊，若躇步跐蹈，終日在地上行止，奈何憂其壞？其人舍然大喜，曉之者亦舍然大喜。”④

但解憂的人卻受到長廬子的訕笑。長廬子認爲天地終有一天會毀滅。他說:

“虹蜺也，雲霧也，風雨也，四時也，此積氣之成乎天者也；山岳也，河海也，金石也，火木也，此積塊之成乎地者也。知積氣也，知積塊也，奚謂不壞？”⑤

列子對上述兩種意見都不贊同，他批評說:

“言天地壞者亦謬，言天地不壞者亦謬。壞與不壞，吾所不能知也。雖然彼一也，此一也。故生不知死，死不知生；來不知去，去不知來。壞與不壞，吾何容心哉？”⑥

儘管列子對天地會不會毀滅的問題表示了相反的意見，卻沒有批評到天地是由積氣和積塊而成，可見他亦贊成這個說法。從“杞人憂天”的故事看來，“氣”是構成宇宙間一切天體的物質能量。

“氣”這個名詞有時令人想到古希臘哲學家及自然科學家亞里士多德（Aristotle，公元前三八四年——公元前三二二年）研究生物和死物的分別時，提出的靈魂（*psyche*）學說。亞里士多德認爲植物有生長的靈魂（vegetative souls），動物有生長的靈魂與感覺的靈魂（sensitive souls），人類則有生長的靈魂、感覺的靈魂和理性的靈魂（rational souls）。中國的哲學家荀子（公元前三一三年——公元前二三八年）也有相近的論說，而且比亞里士多德的說法更進一步。他說:

“水火有氣而無生；草木有生而無知；禽獸有知而無義；人有氣，有生，有知，亦且有義，故最爲天下貴也。”⑦

荀子的理論，被明代的生物學家王逵發揮得淋漓盡至。王逵在

《蠡海集》說:

"天賦氣，氣之質無性情；雨露霜雪，無性情者也。地賦形，形之質有性而無情；草木土石，無情者也。天地交則氣形具，氣形具則性情備焉；鳥獸蟲魚，性情備者也。鳥獸蟲魚之涎涕汗淚，得天之氣；鳥獸蟲魚之羽毛鱗甲，得地之形。豈非其氣形具備性情乎？"⑧

由此可見，雖然"氣"相當於物質能量這個現代的概念，但亦涉及倫理學的範圍。（參表一）

表一　中西靈魂學說比較表

亞里士多德　（公元前四世紀）

植物：生長的靈魂

動物：生長的靈魂＋感覺的靈魂

人類：生長的靈魂＋感覺的靈魂＋理性的靈魂

荀子　（公元前三世紀）

水火：氣

草木：氣＋生

禽獸：氣＋生＋知

人類：氣＋生＋知＋義

王逵　（公元十四世紀）

天，雨露霜雪：氣

地：氣＋形

草木土石：氣＋形＋性

鳥獸蟲魚：氣＋形＋性＋情

（人類：氣＋形＋性＋情＋義）

上面已粗略地討論過"理"和"氣"的涵義，現在言歸正傳來探討朱熹的意見。朱熹說:

"天下未有無理之氣，亦未有無氣之理。"⑨

當被問及"理"與"氣"的關係時，他答覆說：

"伊川（程頤，公元一〇三三年——公元一一〇七年）說得好，曰：理一分殊，合天地萬物而言，只是一箇理。及在人，則又各自一箇理。"⑩

又說：

"天地之間，有理有氣。理也者，形而上之道也，生物之本也；氣也者，形而下之器也，生物之具也。是以人物之生，必稟此理，然後有性；必稟此氣，然後有形。"⑪

朱熹認爲"理"是最根本，"氣"是在其次，"理"生"氣"，"氣"生萬物。所以他心目中的"理"，類似宇宙結構原理；"氣"，近似物質能量。

闡述"氣"怎樣在"理"的規律下運行以前，必須注意到另外一個基本因素——"數"。整個大自然的運行都由"數"來支配，或者可用"數"加以解釋。它的涵義很廣，某方面使人聯想起制定"勾股定理"（Pythagorean Theorem，或直譯作"畢達哥拉斯定理"）的古希臘哲學家畢達哥拉斯（約生於公元前五八二年）的數字學。畢達哥拉斯在意大利南部創立了一個以他的名字命名的學派。這個學派除了在幾何學上有很多貢獻外，亦因引用"希臘四元"（參看本篇〔二〕）鑒定幾個規則幾何圖形的物體及研究數字而留名於後世。

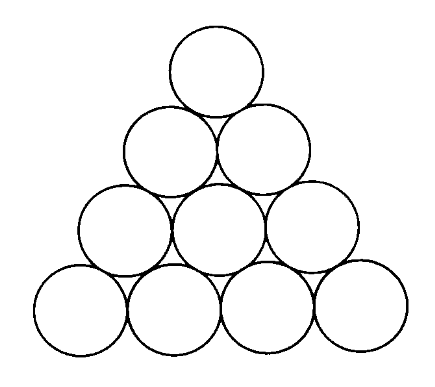
畢達哥拉斯學派的學者利用數字研究天文學。他們認爲圓體是完美的形體，"十"是完美的數字，又假設地球和所有天體都是完美無瑕的，而且斷定它們也是球體形的。畢達哥拉斯的門人非路勞斯（Philolaus of Tarentum，約公元前四八〇年——公元前四〇〇年）因祇能數出太陽、月亮、地球、五大

行星及星羣組成的結晶圓體九個天體而感到不安。爲了達到“十”這個完美的數字，他從幻想中虛構了一個“副地球”（counter-earth）。根據他的學說，太陽、月亮、地球、五大行星、星羣圓體和“副地球”都環繞着一團火運行。由於人類居住的地球表面經常背着“副地球”和中央那團火，所以永遠都看不到它們。

畢達哥拉斯派的學者又發現音符的聲調是依着弦長的簡單比數而定，於是判定這個簡單比數也符合於各個天體和地球之間的距離。事實上，他們相信這些天體不停地發出音符，不過祇有極少數天賦特殊聽覺的人才能聽得到。

在中國的數字學中，也有畢達哥拉斯學派式的理論。例如“十”這個數字，在中國方面亦有特殊意義。董仲舒（公元前一七九年——公元前一〇四年）《春秋繁露·天地陰陽》說:

> “天、地、陰、陽、木、火、土、金、水，九，與人而十者，天之數畢也。故數者至十而止。書者以十爲終，皆取之此。”⑫



圖一 “金字塔數字”圖

至於畢達哥拉斯的“十”是由一加二加三加四而成，稱爲“金字塔數字”（pyramid number）。（參圖一）儘管董仲舒與非路勞斯的宇宙觀不相同，但他們同樣把“十”作爲構成宇宙的分子的數目。古代中西哲學家對“十”的重視，大概因爲人手有十指的緣故。遠古時代，人類是用十指進行計算的，十進制的記數系統亦因此而來。其次，中國哲學家亦運用數字來解釋大自然的規律及生命界的現象。如《大戴禮記・易本命》說：

“天一，地二，人三；三三而九，九九八十一；一主日，日數十，故人十月而生。

“八九七十二，偶以承奇，奇主辰，辰主月，月主馬，故馬十二月而生。……”⑬

作者接着還用七、六、五、四、三、二次遞乘九，說明各種動物分別受各種自然現象的支配。

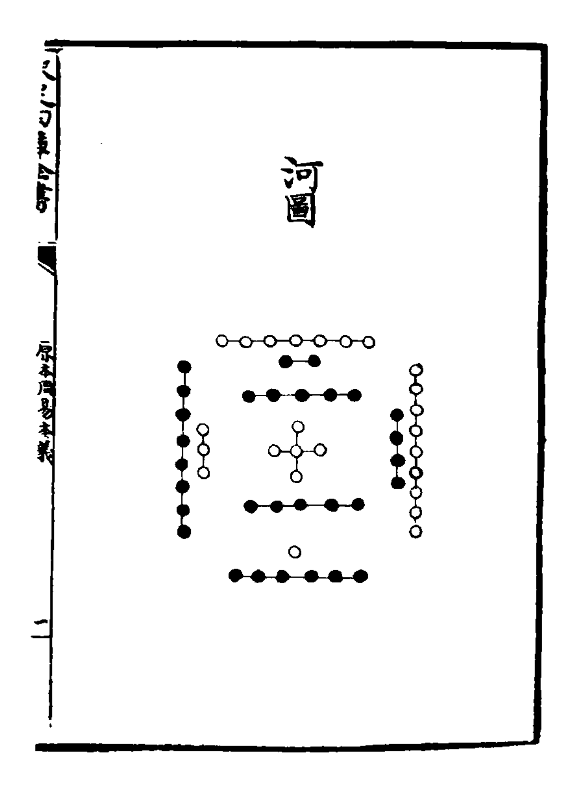
“數”與“理”、“氣”的關係非常密切，朱熹說：

“有是理，便有是氣；有是氣，便有是數。”⑭

至於數字之間的自然關係，在“河圖”和“洛書”中已清楚表示出來。《論語》已提到“河圖”，孔子說：

“鳳鳥不至，河不出圖，吾已矣夫！”⑮

可見“河圖”的傳說相當久遠。相傳“河圖”的作者是伏羲。在“河圖”中，一至十的數字是一個單數（亦稱奇數）配着一個雙數（亦稱偶數）的排列起來，五與十在中央，一與六在北面，三與八在東面，二與七在南面，四與九在西面。（參圖二，並注意中國傳統的指南針是以上面爲南，左面爲東，右面爲西，底下爲北的。）單數是陽，雙數是陰。前者加起來是二十五（即1＋3＋5＋7＋9），後者加起來是三十（即2＋4＋6＋8＋10）；兩者之和是五十五（即25＋30）。

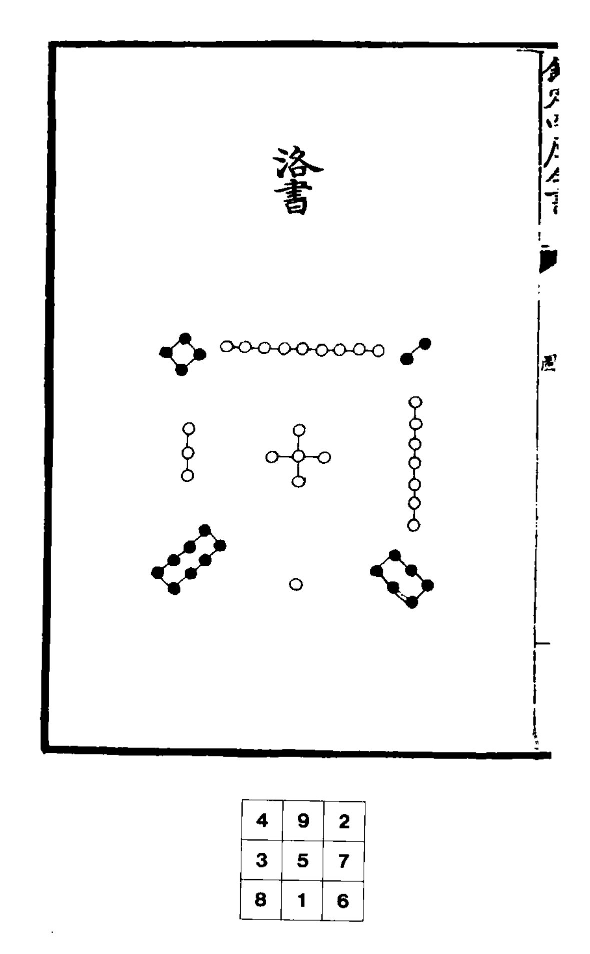


圖二　“河圖”

“洛書”傳說是大禹時由神龜從洛水背負而出。《易·繫辭上》說:

“河出圖，洛出書，聖人則之。”⑯

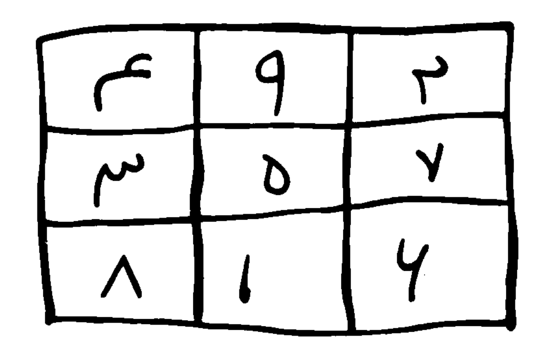
河圖”和“洛書”很早已被相連起來。事實上，“洛書”是一個三方格的幻數圖，⑰圖中每一橫排、直行及對角綫的數字加起來都是十五，而且所有角位的數字都是雙數。(參圖三)“洛書”是現時所知世界上最早的幻數圖，大抵到唐代才流



4	9	2
3	5	7
8	1	6

圖三　“洛書”及其幻數圖形式

傳至印度和回教國家，演變爲各種符咒，其中有些用來減輕分娩的痛苦。（參圖四）



圖四　回教國家減輕分娩痛苦符咒圖

註釋

① 關於“理”、“氣”兩個概念，有多種不同的定義和說法，本書祇代表其中一說。參看 Joseph Needham, *Science and Civilisation in China* vol. 2 (Cambridge: Cambridge University Press, 1956), especially section 16(d)(3), p. 472 ff. 書中並附有這個專題的詳細參考書目。至近年有關“氣”的討論，參看小野澤精一、福永光司、山井湧(編)：《氣の思想》（東京、東京大學出版社，一九七八年），頁二八一至三一三。

② 有關這些外國名詞，並沒有一致公認的譯名，本書所譯，祇以達意爲原則。

③ 《列子》相傳是戰國時列禦寇撰。今本《列子》八篇，包括有公元前五世紀至公元前一世紀原作的殘篇及晉人補入的新資料，約在公元三八〇年成書。

④ 《列子》（《四部備要》本），卷一，《天瑞》，頁十四上下。

⑤ 同上，頁十四下至十五上。

⑥ 同上，頁十五上。

⑦ 《荀子》（《四部叢刊》本），卷五，《王制》，頁十二下至十三上。

⑧ 王逵:《蠡海集》(載〔明〕商濬〔輯〕、李紱(公元一六七五年——公元一七五〇年)〔重訂〕:《稗海》〔臨川李氏康熙間刊本〕,第十五册),《氣候類》,頁五十下。據《稗海》,作者爲宋錢唐人。又(明)吳京(輯):《續百川學海》(台灣、新興書局影明刊本,一九七〇年),亦載有《蠡海集》,也說作者是宋人。但據《四庫全書總目提要》,《蠡海集》的作者實爲洪武、永樂間人(卷一二二,《子部·雜家類六》,上海、商務印書館,一九三三年,第三册,頁二五六一至二五六二)。

⑨ 朱熹:《朱子全書》(康熙五十二年〔公元一七一三年〕刊本),卷四九,《理氣一·總論》,頁一上。

⑩ 同上,頁一下。

⑪ 同上,頁五下。遠在朱熹以前,《易經》已提到"道"與"器"。《易·繫辭上》:"形而上者謂之道,形而下者謂之器。"(《周易》〔《四部叢刊》本〕,卷七,頁十下。)

⑫ 董仲舒:《春秋繁露》(《四部叢刊》本),卷十七,頁八下。

⑬ 《大戴禮記》(《四部叢刊》本),卷十三,頁七上。

⑭ 《朱子全書》,參註九,頁五上。

⑮ 《論語》(《四部叢刊》本),卷五,《子罕》,頁四上。

⑯ 《易·繫辭上》,參註十一,頁十上。

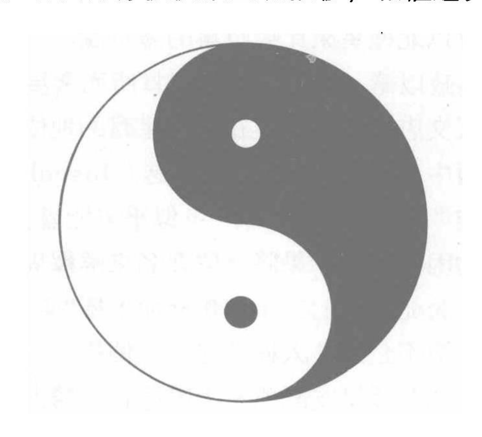
⑰ 幻數圖又稱幻方或魔方,古代稱爲"縱橫圖"。參看 Ho Peng Yoke, "Magic Squares in East and West," *Papers on Far Eastern History*, 8 (1973), 115-141.

二　陰陽五行

“氣”這種宇宙動力可以在兩種不同的狀態中存在着。它能夠運動或靜止，伸展或收縮，從而產生“陰陽”兩種對立勢力。“陰陽”原指日光的向背，向日爲陽，背日爲陰。陰後來引申爲冰冷、雲、雨、雌性、黯暗的內面、山谷的隱蔽部分等；陽恰好相反，它代表溫暖、晴天、陽光、雄性、光亮的外面、山谷向陽的部分等。① 《易經》說：

“一陰一陽之謂道。”②

這句話是說：推動大自然運動變化的宇宙動力，是由陰陽兩種勢力組成的。它們好像波浪般互相推移，相繼起伏。太極圖③



圖五　太極圖

分爲陰陽兩邊（參圖五），如果按着圖的中心把圖轉動，便可清楚看到陰陽兩邊像波浪一樣此起彼落和相互消長的情形。因此，陰陽雖是矛盾對立，但也是互相依存的。

中國人在陰陽學說中表露的對立觀念並不是獨樹一幟的，世界各地都有相同的觀念，即使在現代科學方面，我們也提到正負電荷及南北磁極。十七世紀時，傅祿德（Robert Fludd）在他的《公教醫藥》（*Medicina Catholica*）一書中，形容萬物的主宰（God）是一個化學家，把世界當作他的實驗室，用熱能、動力、光與寒冷、慣量、黑暗等兩類相反極性的東西作爲元素，進行各種實驗。

《易·繫辭上》說：

"易有太極，是生兩儀。"④

"太極"是派生萬物的本原。"兩儀"即指陰陽。極和北極有密切的關係。在中國天文學和占星術中，北極有特殊的地位。中國人對羣星環繞固定的北極運行的觀念，比其他民族更爲濃厚。孔子便曾以北極星來比喻政事的施行說：

"爲政以德，譬如北辰，居其所而衆星共之。"⑤

據《晉書·天文志》，北極星在北極星羣的地位最爲崇高。⑥在中國占星術中，它代表帝王。李約瑟（Joseph Needham）把"太極"譯作"Supreme Pole"⑦似乎未能盡表"極"的原意；這也是翻譯的困難處。如果將這個譯名來解釋周敦頤（公元一〇一七年——公元一〇七三年）"無極而太極"⑧這句話，便顯得有些矛盾了。這不是說"太極"並非一個極，而是衍生天地萬物的本原，正如北極星支配所有天體運行的情況一樣嗎？

周敦頤說：

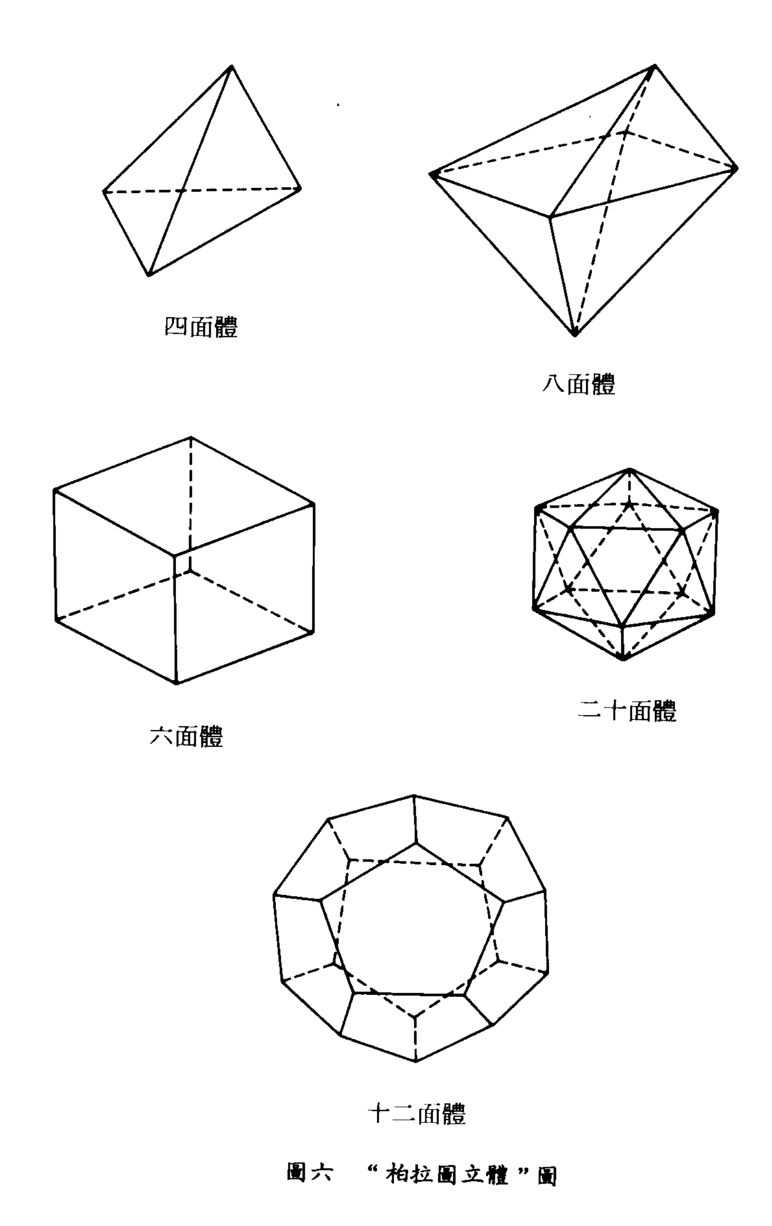
"太極動而生陽，動極而靜，靜而生陰，靜極復動，

一動一靜互爲其根。分陰分陽，兩儀立焉。陽變陰合而生水、火、木、金、土。五氣順布，四時行焉。”⑨

水、火、木、金、土合稱五行。它們不是現代化學家稱爲元素的不動的基本物質，而是五種週而復始，輪流移動，給人活動感覺的强大力量。

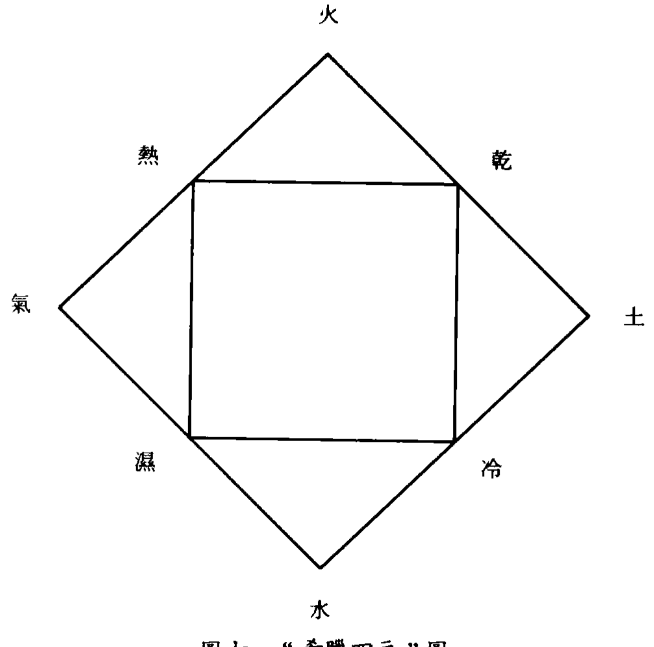
古希臘哲學有“四元”(Four Elements)之說。公元六世紀時，米利都(Miletus)學派的創始人泰勒斯(Thales，約公元前六二四年——公元前五六五年)注意到動植物的食料是潮濕的以後，認爲水或潮氣是萬物的要素。後來，該派的阿那克西米尼(Anaximenes，約公元前五七〇年——公元前五二六年)則認爲氣是萬物的本源，並稱它爲“元氣”(*pneuma*，原意是呼吸)。他說當空氣稀薄就變成火，凝聚就變成水，而當水凝固就變成土。因此，在米利都學派的學說中，已孕育了“四元”的概念。阿那克西米尼的“元氣”說，其後得到第歐根尼(Diogenes of Apollonia，公元前四四〇年著稱)詳加發揮。第歐根尼認爲世界上每一種物質都經過凝聚過程而形成，而生命本身含有溫暖的“元氣”，好像急流一樣在靜脈內流動着，因而保持着身體的力量。到了公元前五世紀，在意大利南部的希臘殖民地創立的畢達哥拉斯學派，繼承了米利都學派的學說。這派的學者用當時所知的四個規則幾何立體代表“四元”，即用四面體代表土，六面體代表氣，八面體代表火，二十面體代表水。後來他們發現了十二面體，便用來代表宇宙。這五種立體其後因柏拉圖(Plato，公元前四二七年——公元前三四七年)的闡釋而聞名，被稱爲“柏拉圖立體”(Platonic bodies)。(參圖六)

畢達哥拉斯學派的恩培多克勒(Empedocles of Acragas，



圖六 “柏拉圖立體”圖

公元前四九〇年——公元前四三五年）被公認爲“四元”說的創始人。他認爲土、氣、火、水四元之間呈現着結合和分離的現象，例如水和火分離，與土、氣結合；土和氣分離，與火、水結合。每一元都由熱和冷及濕和乾四種基性其中一對組成，而基性之間也有着結合和分離的關係。恩培多克勒相信結合和分離的力量循環佔着優勢，促使“四元”經久不變地運行。（參圖七）



圖七　“希臘四元”圖

佛家也有“四大”的說法。所謂“四大”，即土（或地）、水、火、風。印度古代相信爲構成一切物質的四種元素。佛家採用其說，但實際是指它們“堅”（土）、“濕”（水）、“暖”

（火）、“動”（風）的性能。希臘和印度的理論這樣脗合，實在令人驚訝，至於兩者之間有沒有互相影響的地方則尙待研究。無論如何，印度人的觀念似乎沒有對中國的五行思想產生影響。

最先談論陰陽五行思想的人是周朝的史官伯陽父，他又名叫史伯。當時在周幽王二年（公元前七八〇年）及九年（公元前七七三年）發生了兩次地震，伯陽父認爲是陰陽五行在運轉中失去平衡的結果。⑩

五行思想在瀕海的齊、燕兩國流傳很久，才由戰國末期的哲學家騶衍（約公元前三〇五年——公元前二四〇年）集其大成。據司馬遷（約公元前一四五年或公元前一三五年——？）在《史記》所載，騶衍目覩“有國者益淫侈，不能尙德”，於是歷遊魏、燕、趙、齊等國，用“陰陽消息”的自然規律，勸告各國諸侯施行仁義節儉的政治。⑪ 騶衍的門徒後來被稱爲“陰陽家”，其實這個稱號並不符合他們的學說，倒不如稱他們爲“自然學家”更爲妥貼。據《漢書・藝文志》著錄，騶衍和他的門徒著有《騶子》四十九篇，《騶子終始》五十六篇，⑫ 可惜這些著作很早便失傳。到了清代，馬國翰（公元一七九四年——公元一八五七年）蒐輯了部分佚文，收入《玉函山房輯佚書》中。現徵引其中三段關於五行理論的文字：

> “五行相次轉，用事隨方面爲服。”
>
> “五德從所不勝，虞土，夏木，殷金，周火。”
>
> “凡帝王之將興也，天必先見祥乎下民。黃帝之時，天先見大螾、大螻。黃帝曰：‘土氣勝。’土氣勝，故其色尙黃，其事則土。及禹之時，天先見草木秋冬不殺。禹曰：‘木氣勝。’木氣勝，故其色尙靑，其事則木。及湯之

時，天先見金刃生於水。湯曰：'金氣勝。'金氣勝，故其色尚白，其事則金。及文王之時，天先見火赤烏銜丹書集於周社。文王曰：'火氣勝。'火氣勝，故其色尚赤，其事則火，火者必將水，天且先見水氣勝。水氣勝，故其色尚黑，其事則水。水氣至而不知數，位將徙於土。"⑬

據騶衍所說，五行的關係有一定的次序，即木勝土，金勝木，火勝金，水勝火，土勝水，週而復始，循環相勝。騶衍把這套原始的科學理論來配合政治和人事的盛衰興亡，稱爲"五德終始說"。五德就是五行，終始就是循環的意思。騶衍的學說流傳十分廣泛，影響極爲深遠；到了漢代，連儒家也襲取了這套學說。

先秦儒家的著作如《書經·洪範》篇，也有關於五行的記載。《書經》是中國上古歷史文獻和部分追述古代事蹟著作的匯編，其中有些是公元前十世紀的著作，有的年代稍晚，如《洪範》篇大概是公元前三世紀的作品，極其量也不早過騶衍的年代。在《洪範》篇中，不但指出甚麼是五行，而且說到它們的主要本性和味道，引錄如下：

"一五行：一曰水，二曰火，三曰木，四曰金，五曰土。

"水曰潤下，火曰炎上，木曰曲直，金曰從革，土爰稼穡。

"潤下作鹹，炎上作苦，曲直作酸，從革作辛，稼穡作甘。"⑭

第一段說明五行的內容。第二段解釋五行的本性："潤"和"下"是水的本性；"炎"和"上"是火的本性；木能夠做成彎曲和直的東西；金有順從變革的性質，可以隨意熔鑄成各種

器具；而土能夠用來種植農作物。第三段描寫五行的味道，顯示《洪範》篇作者對化學的關注。作者把水和鹹味相提並論，可能和他進行及觀察溶解與結晶的簡單實驗有關；把火和苦味連在一起，可能指用火燒生草藥，因爲古人認爲草藥的味道最爲苦澀；作者說木的味道是酸的，大抵因木腐爛後會發出酸味，而且植物灰燼所含的碱有時也是酸的；說金屬有辛辣的氣味，或許因金屬熔煉時放出二氧化硫等辛辣的烟；至於甜味和土有關，可能因在土中能夠找到藏有蜜糖的蜂巢，其次穀類在口中久嚼會變爲甘甜，也能用來製麥芽糖和甜酒。由此可見，中國自然學家所說的五行，並不是五種不同類別的基本物質，而是五種不同的基本變化過程或關係。

註　釋

① 參看 Needham, *Science and Civilisation in China* vol.2, esp. section 13 (e) p.273 ff.

② 《易·繫辭上》，載《周易》，卷七，頁三下。

③ "太極"一詞，出自《易經》（詳正文）；但太極圖的年代並不是這樣久遠，而與道教講修鍊的太極圖頗有關係，詳參馮友蘭：《中國哲學史》（上海、商務印書館，一九三五年再版本），頁八二〇至八二四。

④ 同註②，頁九下。

⑤ 《論語》，卷一，《爲政》，頁九下。

⑥ 參看 Ho Peng Yoke, *The Astronomical Chapters of Chin Shu* (Paris, 1966), p.67.

⑦ Needham, *op. cit.*, p.460 ff.

⑧ 詳（明）曹端：《太極圖說述解》（《四庫全書珍本》六集，台灣

商務印書館影《欽定四庫全書》本，一九七六年），頁二上。

⑨ 同上，頁七下至九上。

⑩ 參看左益寰：《陰陽五行家的先驅者伯陽父——伯陽父、史伯是一人而不是兩人》，《復旦學報（社會科學版）》，一九八〇年第一期（一九八〇年一月），頁九七至一〇〇。

⑪ 《史記》（北京、中華書局，一九五九年），卷七四，《孟子荀卿列傳》，頁二三四四。

⑫ 班固（公元三二年——公元九二年）：《漢書》（北京、中華書局，一九六二年），卷三十，《藝文志》，頁一七三二。

⑬ 《鄒子·主運》，載馬國翰（輯）：《玉函山房輯佚書》（光緒九年〔一八八三〕嫏嬛館補校本），卷七七之十八，頁二上下。

⑭ 《尚書》（《四部叢刊》本），卷七，《周書·洪範》，頁二上。

三　五行之間的關係

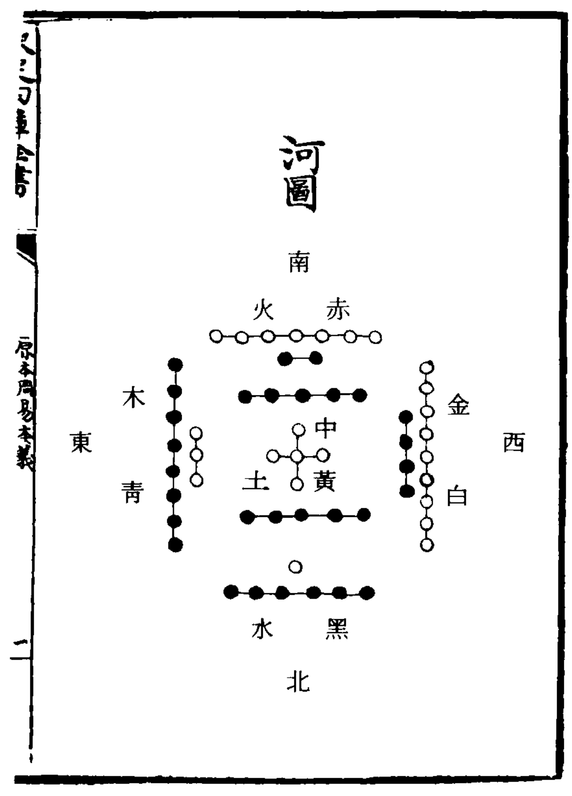
董仲舒在《春秋繁露·五行之義》說：

"天有五行，一曰木，二曰火，三曰土，四曰金，五曰水。木，五行之始也；水，五行之終也；土，五行之中也；此其天次之序也。木生火，火生土，土生金，金生水，水生木，此其父子也。木居左，金居右，火居前，水居後，土居中央，此其父子之序，相受而布。是故木受水而火受木，土受火而金受土，水受金也。諸受之者，皆其父也，受之者，皆其子也。常因其父以使其子，天之道也。"①

董仲舒認爲五行是一種永恆的秩序，五行相生的關係，也是社會人事的正常秩序。這段文字有兩點値得注意：第一，文中說"木居左，金居右，火居前，水居後，土居中央"，很可能指五行在"河圖"中的位置（參圖八）。從圖八可見，五行和數及方位有直接的關係，臚列如下：

五行	數	方位
木	三，八	東
火	二，七	南
土	五，十	中
金	四，九	西
水	一，六	北

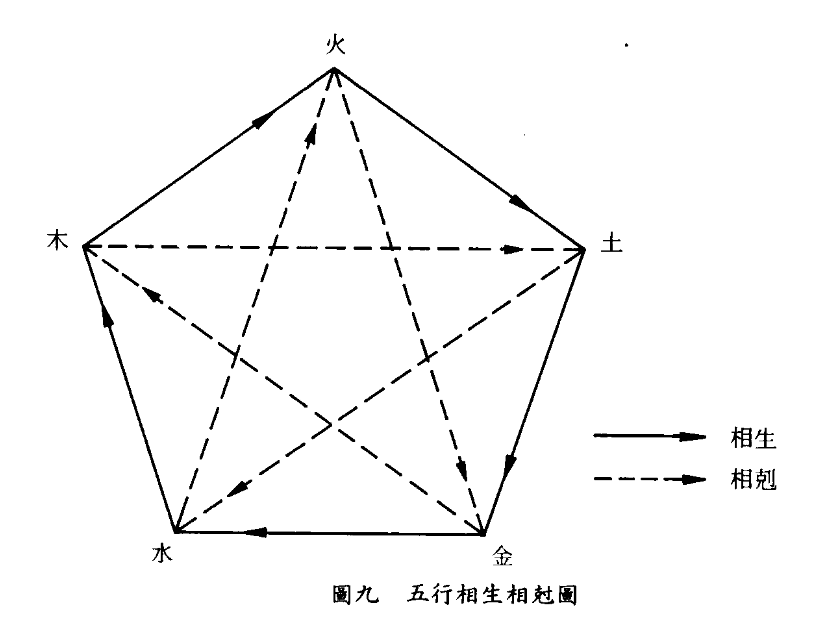
第二，文中所列五行的次序和現時所說金、木、水、火、土的



圖八 “河圖”中五行、方位、顏色分配圖

次序不同。董仲舒所列五行的次序是木、火、土、金、水，而它們之間的關係是土生火，火生土，土生金，金生水，水生土，循環而不息。這就是五行相生的次序。

至於騶衍所訂的次序則不同。正如前文記載，騶衍說的五行次序，是後面的“行”剋制着前面的“行”，而構成一個循環，此即五行相剋（相勝）的次序。（參圖九）在五行相剋的次序中，木剋土可能是因爲木比土堅硬，同時樹根能夠穿入泥



圖九　五行相生相尅圖

土中；金剋木是因爲用金屬製成的斧頭能斫斷樹木；水剋火因爲水能滅火；至於土剋水是因爲土能吸水，又能用土築成堤壩來防水。

後來，從五行相生和相剋的次序，演變出五行相制說及相化說。相制的原則是由五行相剋的次序衍化出來的。由於金、木、土、火、水是互剋的，所以在一個剋制的過程中，剋制者的力量可由剋制它的“行”所抑制。例如:

木剋土，但金能抑制這個過程；

金剋木，但火能抑制這個過程；

火剋金，但水能抑制這個過程；

水剋火，但土能抑制這個過程；

土剋水，但木能抑制這個過程。

奇怪得很，中國人的相制觀念和現代科學家闡釋發酶動力及動物種類生態平衡的理論如出一轍。就以後者的理論來說，例如瓢蟲是一種褐紅色而帶有黑色斑點的昆蟲，專門捕捉蚜蟲（一種能製造蜜露的微細植物寄生蟲）來吃，但瓢蟲卻是一些鳥類的食糧。如果這些鳥類的數目增加，瓢蟲自然相應地減少，因此促進了蚜蟲的繁殖。

至於五行相化說，是綜合相生和相剋的理論而來。所謂五行相化，是指一個五行相剋的過程，被另一個能產出較多基質（substrate）或較快產生基質來補充原來過程的過程所化解。換言之：

木剋土，但火能化解這個過程；

火剋金，但土能化解這個過程；

土剋水，但金能化解這個過程；

金剋木，但水能化解這個過程；

水剋火，但木能化解這個過程。

據相制的原則，火雖剋金，但水能滅火，所以水能抑制相剋的過程。據相化的原理，火雖勝金，但土能化解相剋的過程，因爲土生金，所以當火融化金時能夠補充金的損耗。五行相化的原理，可用一個和公共衛生有關的例子來說明。例如，我們一方面在家裏噴灑殺蟲劑來驅逐蚊子，另一方面卻在後園裏放滿空罐和空樽。下雨之後，罐子和樽子載滿了雨水，蚊子便在那裏積聚和繁殖起來。因此，儘管我們在室內消滅蚊子，始終還是無濟於事，因爲屋子週圍仍然聚居了許多蚊子。

其次，五行理論也涉及數量的問題。漢代的佚名著作《文子》說：

“金之勢勝木，一刃不能殘一林；土之勢勝水，一掬

不能塞江河；水之勢勝火，一酌不能救一車之薪。”②這便是“五行無常勝”說。由此可見，五行相勝有着數量的關係。某“行”雖處於弱勢，祇要數量多，也能勝過那强勢的。

由於五行學說的流行，天下間每一種可以想到而能夠分爲五類的事物，漸漸和五行配合起來。艾伯華（Wolfram Eberhard）曾列出一百種以上的種類，現選列一些普通的例子，看看它們象徵式的相互關係：

五行	木	火	土	金	水
時	春	夏	六月	秋·	冬
天干	甲	丙	戊	庚	壬
	乙	丁	己	辛	癸
地干(及	寅(虎)	午(馬)	戌(狗)	酉(雞)	亥(豬)
相屬的	卯(兔)	巳(蛇)	丑(牛)	申(猴)	子(鼠)
生肖)			未(羊)		
			辰(龍)		
數	八	七	五	九	六
	三	二	十	四	一
方	東	南	中	西	北
星	木星	火星	土星	金星	水星
味	酸	苦	甘	辛	鹹
臭	羶	焦	香	腥	朽
色	青	赤	黃	白	黑
臟	肝	心	脾	肺	腎
體	筋	脈	肉	毛皮	骨
官	眼	舌	口	鼻	耳
事	貌	視	思	言	聽
穀	麥	菽	稷	麻	黍
牲	羊	禽	牛	犬	豬

因此，中國人制訂了一個十分全面的規劃來顯示各種事物之間象徵性的關連。但是，過分牽强附會這種關係，便會產生許多荒誕的論點。例如，漢儒把十二生肖配合五行相勝的理論，就有些無稽。東漢大思想家王充（公元二七年——公元九七年）力斥其非說：

"午，馬也；子，鼠也；酉，雞也；卯，兔也。水勝火，鼠何以不逐馬？金勝木，雞何以不啄兔？……" ③

王充從日常知識的效驗，力證"十二肖獸相勝說"的邏輯與事實不符，他的懷疑精神，也即現代科學思想的主要因素。現在本着這種精神，談談古人怎樣利用五行思想來解釋現代化學家從完全相反的角度探討的一些事物。例如把鐵放在硫酸銅溶液加熱，溶液會變成硫酸鐵，而銅則沉澱在鐵的表面。這個現象大概於十一世紀在中國最早紀錄下來。沈括（公元一〇三一年——公元一〇九五年）在《夢溪筆談》載道：

"信州鉛山縣有苦泉，流以爲澗，挹其水熬之，則成膽礬，烹膽礬則成銅；熬膽礬鐵釜，久之亦化爲銅。水能爲銅，物之變化，固不可測。按《黃帝素問》有'天五行，地五行，土之氣在天爲溼，土能生金石，溼亦能生金石。'此其驗也。" ④

文中的膽礬，即指一些不純正的硫酸銅。從上文可見，即使北宋最偉大的科學家沈括，也毫無保留地接受了五行學說，而不使他進一步尋求了解化學溶液眞正的性質。但是，純用現代科學的發展衡量五行學說是不公平的，我們應以當時世界各地相類同的發展加以比較才算公允。沈括大抵是世界上第一個觀察到及記錄硫酸銅化學變化的人。在他逝世六百年後，英國化學家兼物理學家波義耳（Robert Boyle, 公元一六二七年——公元一六九一

年)在公元一六七五年發表《論化學沉澱的機械原理》(*Treatise on the Mechanical Causes of Chemical Precipitation*)，才首次爲這個化學現象作出合理的解釋。

漢朝以前，中國典籍中有關五行學說的記載，實在不勝其數，現再引《管子》一書爲例，以見一斑。《管子·五行》說:

"睹甲子，木行御。天子不賦不賜賞而大斬伐傷，君危，不殺，太子危，家人夫人死，不然，則長子死。七十二日而畢。

"睹丙子，火行御。天子敬行急政，旱札苗死民厲。七十二日而畢。

"睹戊子，土行御。天子修宮室，築臺榭，君危；外築城郭，臣死。七十二日而畢。

"睹庚子，金行御。天子攻山擊石，有兵作戰而敗，士死，喪執政，七十二日而畢。

"睹壬子，水行御。天子决塞動大水，王后夫人薨。不然，則羽卵者段，毛胎者贕，䐴婦銷棄，草木根本不美，七十二日而畢也。"⑤

我們或許會想到管子利用五行學說來勸喻齊桓公謹愼從政；但無論如何，五行與占卜預兆的配合已十分明顯。

註 釋

① 《春秋繁露》，卷十一，頁二下—三上。

② 《文子》(《四部備要》本)，上篇，《上德》，頁三七上下。

③ 王充:《論衡》(《四部叢刊》本)，卷三，《物勢篇》，頁二一上下。

④ 沈括:《夢溪筆談》(胡道靜校注,北京、中華書局,一九五七年),卷二五,《雜誌》二,頁二四九。

⑤《管子》(《四部叢刊》本),卷十四,頁十上下。

四　數與五行的應用

數和五行學說是中國古代許多知識和學問的理論根據。以氣象學爲例。我們現在都知道雪花是六角形的。最早指出它的形狀的是韓嬰，他約在公元前一三五年在《韓詩外傳》寫着：

"凡草木花多五出，雪花獨六出，雪花曰霙。"①

可是，雪花爲甚麼是六角形的原因，一直沒有人探討，直到公元十二世紀，朱熹才提出這樣的解釋：

"雪花所以必六出者，蓋只是霰下被猛風拍開，故成六出，如人擲一團爛泥於地，泥必灒開成稜瓣也。又六者陰數，太陰數，太陰玄精石亦六稜，蓋天地自然之數。"②

朱子用數的觀念解釋雪花的形狀，而二百年後王逵闡述同一問題時，更混入了五行理論。《蠡海集》說：

"雪爲陰之極，全得水之成數。雪花每每皆六出。霜雪者，雨露之凝結，水從金生，氣盈而見母，是以霜雪皆白也。"③

從現代觀點，儘管朱熹和王逵的解釋不夠科學化，當時在歐洲卻沒有人認識到雪花的正確形狀。例如在十三世紀時，大阿爾伯特斯（Albertus Magnus，公元一一九三年或一二〇六年或一二〇七年——公元一二八〇年）說雪花是星形（即五角形）的。一五五五年，大奧歐斯（Olaus Magnus）又舉出娥眉月形、箭形、鈴形等二十三種形狀。最後到了一六一一年，德國的天

文學家開普勒（Johann Kepler，公元一五七一年——公元一六三〇年）才能辨認到雪花是六角形的。

又如礦物學。古代中國人相信地下的化學物質和其他物質的產生，都有確定的次序。《淮南子·墬形訓》說：

"正土之氣也，御乎埃天。埃天五百歲生缺，缺五百歲生黃埃，黃埃五百歲生黃澒，黃澒五百歲生黃金，黃金千歲生黃龍，黃龍入藏生黃泉。黃泉之埃，上爲黃雲。陰陽相薄爲雷，激揚爲電，上者就下，流水就通而合於黃海。

"偏土之氣，御乎清天，清天八百歲生青曾，青曾八百歲生青澒，青澒八百歲生青金，青金八百歲生青龍，青龍入藏生青泉。青泉之埃，上爲青雲。陰陽相薄爲雷，激揚爲電，上者就下，流水就通而合於青海。

"牡土之氣，御於赤天，赤天七百歲生赤丹，赤丹七百歲生赤澒，赤澒七百歲生赤金，赤金千歲生赤龍，赤龍入藏生赤泉。赤泉之埃，上爲赤雲。陰陽相薄爲雷，激揚爲電，上者就下，流水就通而合於赤海。

"弱土之氣，御於白天。白天九百歲生白礜，白礜九百歲生白澒，白澒九百歲生白金，白金千歲生白龍，白龍入藏生白泉。白泉之埃，上爲白雲。陰陽相薄爲雷，激揚爲電，上者就下，流水就通而合於白海。

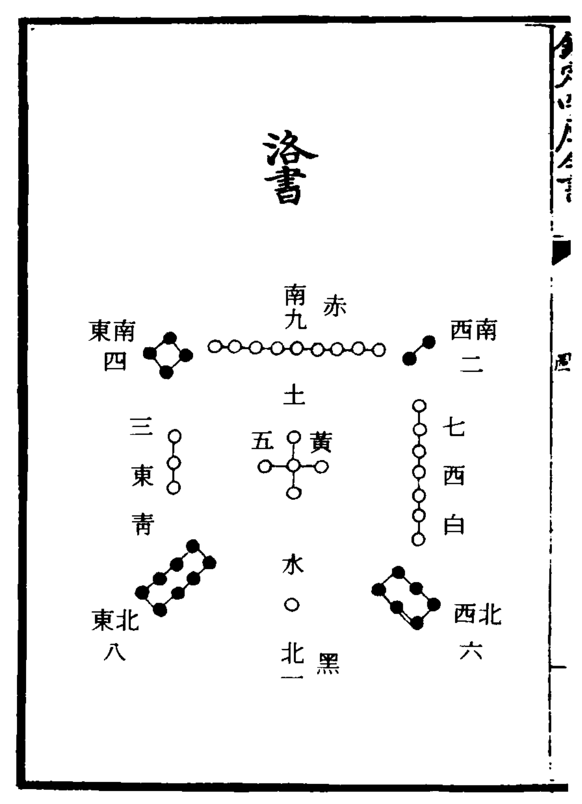
"牝土之氣，御於玄天。玄天六百歲生玄砥。玄砥六百歲生玄澒，玄澒六百歲生玄金，玄金千歲生玄龍，玄龍入藏生玄泉。玄泉之埃，上爲玄雲。陰陽相薄爲雷，激揚爲電，上者就下，流水就通而合於玄海。"④

上面五段文字，雖然玄之又玄，其實是描述中、東、南、西、北等地域出產的礦物。正土是中央的地域，缺是石名，可能指

雌黃（雞冠石），澒即水銀，黃海指中央的海。偏土是東方的地域，青曾即石青，青金即鉛，青海指東方的海。牡土是南方的地域，赤丹即朱砂，赤金即銅，赤海指南方的海。弱土是西方的地域，白礜即白色的砷華，白金即銀，白海指西方的海。牝土是北方的地域，玄砥即黑色的砥石，玄金即鐵，玄海指北方的海。

如果把上引資料和"河圖"相對照，我們會發覺兩者非常脗合。在"河圖"中央，數是五和十，五行屬土，顏色是黃色；而在《淮南子》"中土之氣"一節中，五百歲和千歲即五和十的數，各種東西也是黃色的。在"河圖"左面，數是三和八，方位是東，五行屬木，顏色是青色；而在《淮南子》"偏土之氣"一節中，便有八百歲代替八的數，而且顏色也是青色的。在"河圖"上面，數是二和七，方位是南，五行屬火，顏色是赤色；《淮南子》"牡土之氣"一節中，也有七百歲代表七這個數（按：其中"赤金千歲生赤龍"句中的"千歲"，大概是七百歲的誤刊），所提到的顏色也是赤色。"河圖"的右面，數是四和九，方位是西，五行屬金，顏色是白色；在《淮南子》"弱土之氣"一節裏，九百歲也就是九的數（按：其中"白金千歲生白龍"，可能也是"白金九百歲生白龍"之誤），所有顏色也是白色的。最後，在"河圖"的底部，數是一與六，方位爲北，五行屬水，顏色是黑色；而《淮南子》"牝土之氣"一節裏，便用六百歲代六的數，同時顏色也是黑色。

除了"河圖"外，我們同樣可用"洛書"闡釋上引《淮南子》的記載（參圖一〇）。除了六和八在"洛書"分別代表東南和東北，和《淮南子》稍有出入外，其餘五、九、七所代表的方位和顏色並沒有不同。應用五行學說的時候，常常會遇



圖一〇"洛書"中數、方位、顏色分配圖

到這種不一致的情況，而祇有合適的地方才被接納。

前引《淮南子》一段，同時說明了應用數、五行、顏色的模式。祇要有五行，五色、五金和赤、黃、青、黑等色的水銀便可從銀白色的水銀演繹出來。至各種顏色的龍可能由象徵帝王的黃龍或金龍的信仰推演出來。漢學家對黃帝曾否存在的問題，花了許多研究工夫。但爲一個採用陰陽學說的中國自然學家或哲學家來說，黃帝的存在是無可置疑的。假設五行相剋的

循環以土爲首，土的色是黃色，黃帝應該是最初的君主，他的繼承者順序屬木德、金德輪流下去。

其後，以五行爲經，以理、氣、數爲緯的理論變得更爲複雜，而且應用到命理術上。五行的質留在地上，五行的氣流通上天。質是陰，氣屬陽。由於運動及靜止，擴張及收縮的活動也分別形成陰陽兩種形態，因此，無論是五行的質或氣，即是說無論五行在天上或地下，都能以陰或者以陽的形態出現。五行的氣產生十天干，它的質產生十二地支，臚列如下：

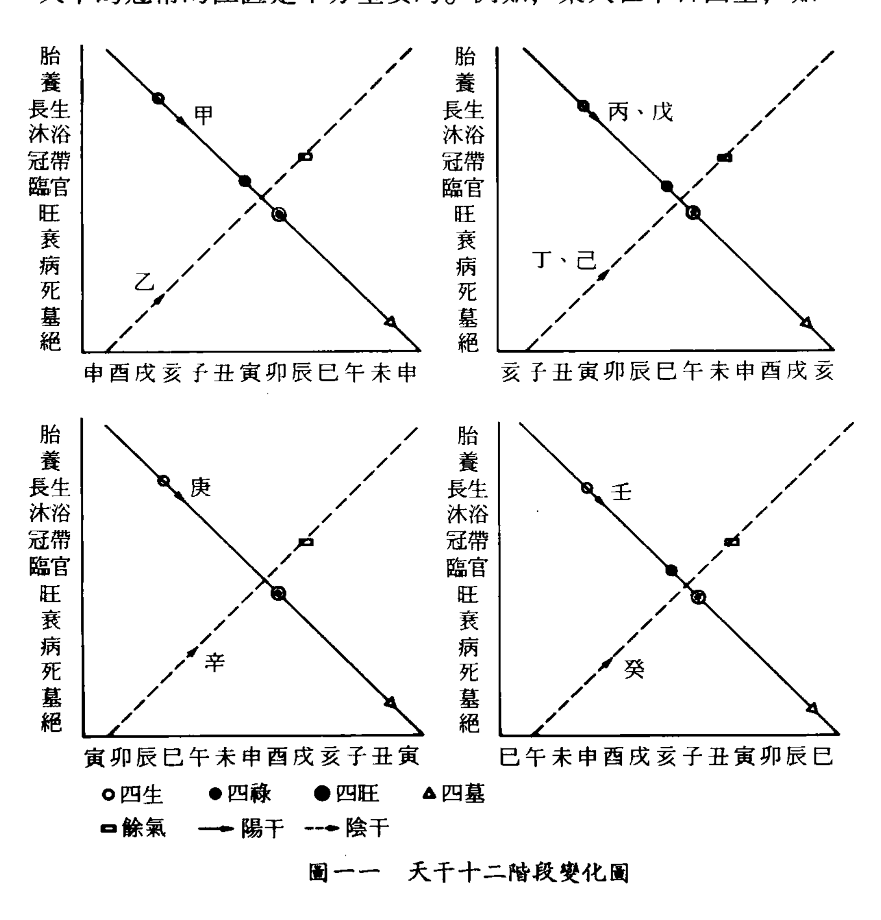
	木	火	土	金	水
天干	甲(陽)	丙(陽)	戊(陽)	庚(陽)	壬(陽)
	乙(陰)	丁(陰)	己(陰)	辛(陰)	癸(陰)
地支	寅(陽)	午(陽)	辰(陽) 戌(陽)	申(陽)	子(陽)
	卯(陰)	巳(陰)	丑(陰) 未(陰)	酉(陰)	亥(陰)

關於天干和地支的陰陽問題，有一點必須注意。屬陰的天干是對另一個屬陽的天干來說，但對丑、卯、巳、未、酉、亥等屬陰地支相比，它們卻都是屬陽。在談及中國化學史時，我們將會討論到在中國煉丹術中，一種物質對着某一種物質時可能是屬陽，但對着另一種物質時可能變爲屬陰。這種觀念近似現代化學中的（元素）電化序（electro-chemical series）。

在一年的季節中，春天屬木，夏天屬火，大暑（陰曆六月，即夏秋之間）屬土，秋天屬金，冬天屬水。在上述每一個季節當中，每一個有關的五行可能在相、旺、休、囚、死其中一個階段。後來，這五個階段增加爲胎、養、生（或長生）、沐浴

（或作敗）、冠（或冠帶）、官（或臨官、祿）、旺、衰、病、死、葬（或作墓）及受氣（或作絕）十二個階段，相等於一年內十二個月，週而復始，循環不息。⑤至十天干中每一天干的十二階段循環變化，可參看圖一一。

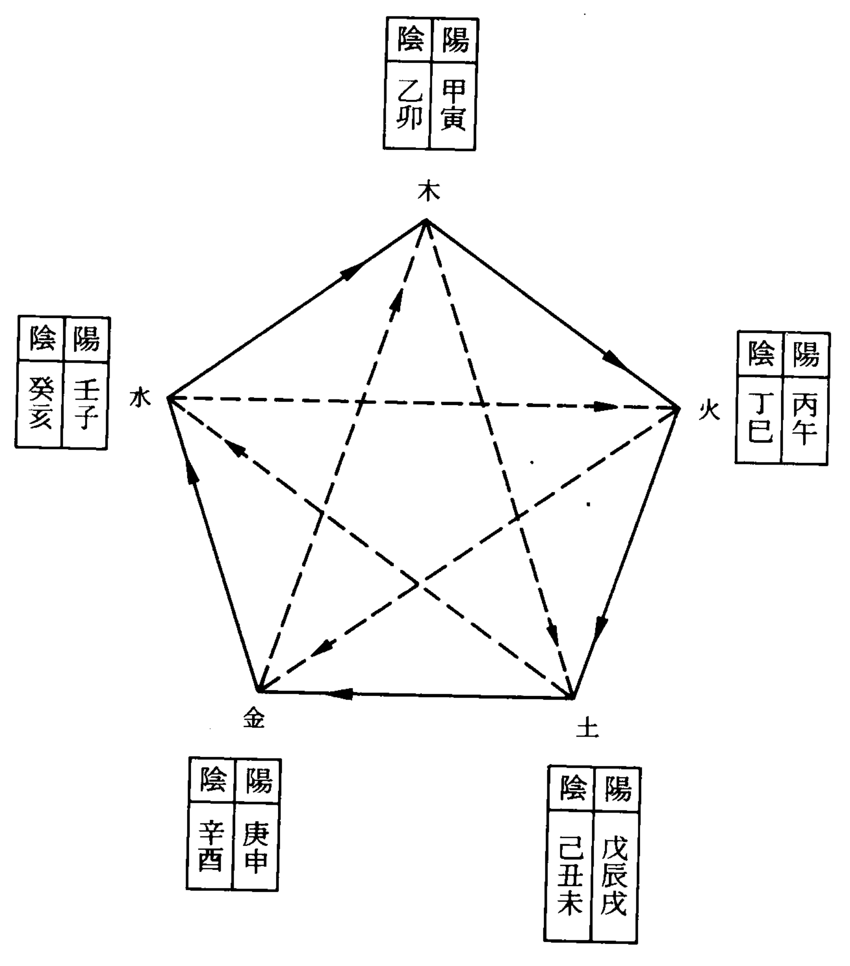
在中國命理術中，屬陽天干的長生、臨官、旺、墓和屬陰天干的冠帶的位置是十分重要的。例如，某人在甲日出生，如



圖一一　天干十二階段變化圖

果他的出生月份，甚至年份或時辰的地支其中一個屬於上述的四個位置之一，這就稱爲“有根”。

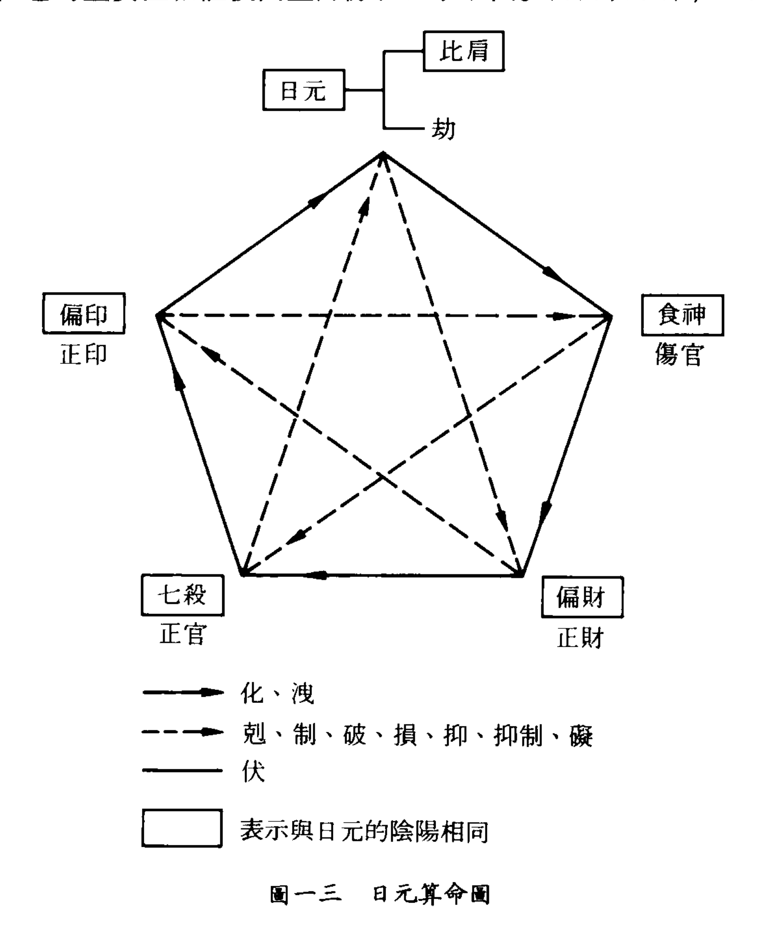
命理學的理論非常繁複，恕作者不能在此詳述，現在祇談



圖一二　干支相生相尅圖

談命理術中怎樣採用了五行思想。首先，讓我們按照十天干和十二地支及相屬的五行排列起來（如圖一二），那它們相勝相剋的關係便能一目了然。

在命理術中，出生年份起初被認爲能直接影響人的一生。但它的重要性相繼被出生月份和日子取代。自明朝以來，日元



圖一三　日元算命圖

（即出生那天的天干）變成了決定某人出生所屬五行的最先決因素。⑥同時，出生年月時的天干地支及與日元有關的地支都有專門名稱（參圖一三）。命理學除了計算出生年月日時的天干地支（即八字）之間的關係外，還留意到這些支干有沒有因組合後改轉了它們的性質；要留意是否受到“會”“合”“冲”“刑”等等的影響。當然，流年的支干對八字亦在考慮之列。算命的過程也牽涉“用神”的認識，要旨是在鑑定各支干是否協調，這和陰陽五行在中國醫學上的應用，有些相似。事實上，五行中任何一“行”不協調或過度佔優劣都並不理想。某些支干的相遇，就被認爲是“吉”是“凶”。例如日元是甲或是戊或是庚，如果八字中有丑或未兩地支，就稱爲“天乙貴人”，這也許是高貴職位的意思。假如出生日的地支是申或子或辰而遇到寅支，這就稱爲“驛馬”，大概是指旅行的意思。

註　釋

① （宋）李昉（等）：《太平御覽》（北京、中華書局影宋本，一九六〇年），卷十二，《天部十二·雪》，頁二下（第一册，頁五八）。

② 《朱子全書》，卷五十，《理氣二·風雨雪雹霜露》，頁四八下。

③ 《蠡海集·天文類》，頁二上。

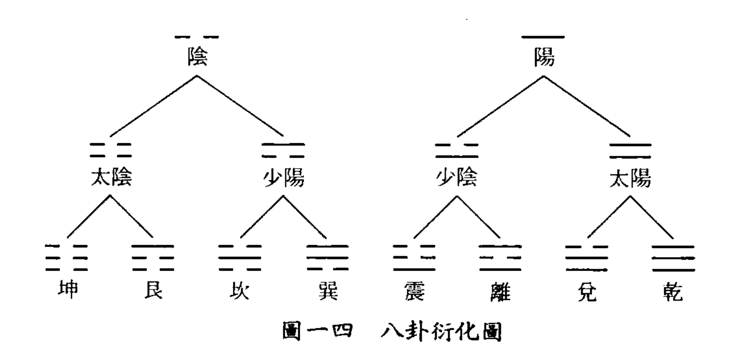
④ 《淮南子》（《淮南鴻烈解》，《四部叢刊》本），卷四，頁十一上下。

⑤ 這個週期使人想到佛教的“十二因緣”週期，至算命術受佛教思想影響到那個程度，仍有待探討。

⑥ 參閱（明）萬民英：《三命通會》（《四庫全書珍本》四集，台灣、商務印書館，一九七三年）。

五　《易經》的體系

“數”這個字又含有“易數”的意思。“易數”是從《易經》而來的。《易經》說太極生陰陽兩儀，陰的符號是--，陽的符號是—；又說兩儀生四象，所謂四象，就是陰陽交錯組合而成的四個圖像，即⚏太陰、⚎少陽、⚍少陰、⚌太陽。把陰陽分別冠在四象之上，便成八卦，名稱是：乾、坤、震、巽、坎、離、艮、兌。（參圖一四）把八卦兩個兩個相重起來，便成六十四卦。



圖一四　八卦衍化圖

《易經》六十四卦的演繹方法，和現代的科學理論“離析原理”（principle of segregation）頗爲相同。根據易學家來說，當陰陽相合就產生新的東西，而陰或陽其中一個會成爲混合物的支配因素。例如，四象中的少陰和少陽同樣由一陰一

陽組成，但少陰屬陰，少陽屬陽。實際上，不但四象是這樣，就是八卦及六十四卦也沒有分別。因此乾屬陽，兌屬陰，離屬陽，震屬陰等等，如此類推。現代的遺傳學和胚胎學中也有相類的理論。如生物學家說遺傳型（genotype）內有隱性性狀因子和顯性性狀因子，祇有顯性性狀因子在表現型（phenotype）中具體化時明顯地向外顯露出來。

相傳八卦和六十四卦分別由伏羲和神農畫的。這些符號起源於甚麼時候，已無從稽考，但它們在古代必是用作一種占卦的方法，《易經》就是描寫這種方法的書。現在看來，《易經》是一部內容複雜的書籍。書中六十四卦以乾爲首，排列的次序是固定的，每一個卦後面都附有一段解釋，稱爲"象"。相傳爲周文王所作。現將六十四卦順序排列，並把卦名本義和卦的意義附列其後：

卦數	卦名	普通意義	確定意義或社會意義
1	䷀乾	父、雄性、天、乾燥等	天、父親、命令、捐贈等
2	䷁坤	母、雌性、地、濕潤等	地、母親、收受包含等
3	䷂屯	萌芽	開始的困難
4	䷃蒙	遮蓋	年青而缺乏經驗
5	䷄需	需要、拖延	延遲的政策
6	䷅訟	訴訟	鬥爭
7	䷆師	教師、軍隊、將軍	軍事
8	䷇比	集合	聯合、一致
9	䷈小畜	培養	馴服
10	䷉履	鞋、步行	精確的步驟

11	䷊泰	繁榮	太平
12	䷋否	不利	倒退
13	䷌同人	人民聚集在一起	團結
14	䷍大有	有很多	富裕
15	䷎謙	謙卑	隱藏着的財富、謙遜
16	䷏豫	歡喜	滿足
17	䷐隨	跟隨	跟從
18	䷑蠱	劇毒	在腐敗社會中麻煩的工作
19	䷒臨	靠近	靠近權威
20	䷓觀	觀察	沉思
21	䷔噬嗑	咬噬	羣衆、市場、法庭、刑法
22	䷕賁	光明	裝飾
23	䷖剝	剝皮	倒下、崩潰
24	䷗復	回復	一年的轉捩點
25	䷘无妄	不魯莽	沒有罪而有困難
26	䷙大畜	培育	創造力受到壓抑
27	䷚頤	顎	口
28	䷛大過	超過	過量、意想不到（但不一定是不吉利）
29	䷜坎	深淵	深谷的邊沿、感到危險而作出反應，在急流底下
30	䷝離	分離	網的篩孔、緊抓住火和光
31	䷞咸	所有一切	相互影響
32	䷟恆	經久不變	堅忍不拔

33	䷠遯	隱蔽	撤退
34	䷡大壯	强大力量	强大力量
35	䷢晉	升起、前進	晉陞官品
36	䷣明夷	被抑制的智慧	不爲賞識的良吏的服務
37	䷤家人	家人	家庭的成員
38	䷥睽	分融	分割
39	䷦蹇	殘廢的	殘廢、制止
40	䷧解	解剖	解開
41	䷨損	損壞、減去	除掉過量物，繳稅
42	䷩益	利益	資源增加
43	䷪夬	分岔、解决、决定	突破、解除束縛
44	䷫姤	交配	偶然的邂逅,相遇
45	䷬萃	聚集	在一個良好統治者領導下，人民團結起來
46	䷭升	升起	一個良好官吏的經歷
47	䷮困	被圍困，感到困擾	困惑
48	䷯井	井	可靠性
49	䷰革	皮	改變
50	䷱鼎	鼎鍋	滋養品
51	䷲震	地震、雷	令人震撼的力量
52	䷳艮	限制	安穩
53	䷴漸	漸漸浸染	穩紮穩打的前進
54	䷵歸妹	歸來的妹妹	婚姻
55	䷶豐	豐裕	繁榮
56	䷷旅	旅遊	陌生人、商人

57	䷸巽	文雅的	風的滲透
58	䷹兌	兌換	海洋、愉快
59	䷺渙	寬闊、腫脹、不規則	渙散、疏遠善事
60	䷻節	關節	期限、部分、限制、沉默
61	䷼中孚	中心、信任	衷誠、君主政體的統治
62	䷽小過	稍爲超過	小額的超量
63	䷾既濟	終結，達到目標	使命完成
64	䷿未濟	尙未完全	尙未完成

從上表看來，六十四卦可組成三十二對，配對的形式有二：如自“屯”、“蒙”（第三、四卦）至“无妄”、“大高”（第二十五、二十六卦）及自“咸”、“恆”（第三十一、三十二卦）至“渙”、“節”（第五十九、六十卦）及“既濟”、“未濟”（第六十三、六十四卦）各對，兩個卦分別是對方的鏡象或倒影。至於“乾”、“坤”（第一、二卦），“頤”、“大過”（第二十七、二十八卦），“坎”、“離”（第二十九、三十卦）及“中孚”、“小過”（第六十一、六十二卦）各對，兩個卦是互補不足的；也就是說，兩個卦的符號是完全相反的。

《易經》的體系變成了最受尊重的占卜體系之一。在中國古代的典籍中，載有很多用《易經》來卜筮的例子。如《左傳·莊公二十二年》：

> “陳厲公蔡出也，故蔡人殺五父而立之。生敬仲，其少也，周史有以《周易》見陳侯者。陳侯使筮之，遇“觀”䷓，之“否”䷋，曰：‘是謂觀國之光，利用賓於王，此

其代陳有國乎？不在此，其在異國；非此其身，在其子孫。光，遠而自他有耀者也；“坤”(☷)，土也；“巽”(☴)，風也；“乾”(☰)，天也。風爲天，於土上，山也。有山之材而照之以天光，於是乎居土上。……’”①

古人除了用《易經》徵測人事吉凶外，還用它來解釋科學現象。

在中國宇宙論學派中，有所謂“渾天”派，主張天地的關係好像鳥卵殼包着卵黃一樣，天的形狀渾圓如彈丸，所以叫渾天(即球形的天)。他們相信天的裏面和外面都是水。天和地都由氣所支撑，而天地不停地旋轉，浮載在水中。葛洪(公元二八三年——公元三六三年)②便用卦象支持“渾天說”。《晉書·天文志上》載：

“若天果如渾者，則天之出入行於水中，爲的然矣。故黃帝書曰：‘天在地外，水在天外。’水浮天而載地者也。又《易》曰：‘時乘六龍。’夫陽爻稱龍，龍者居水之物，以喻天。天，陽物也，又出入水中，與龍相似，故以龍比也。聖人仰觀俯察，審其如此，故“晉”卦(䷢)“坤”(☷)下“離”(☲)上，以證日出於地也。又“明夷”之卦(䷣)“離”下“坤”上，以證日入於地也。“需”卦(䷄)“乾”(☰)下“坎”(☵)上，此亦天入水中之象也。天爲金，金水相生之物也。天出入水中，當有何損，而謂爲不可乎？”③

上引《晉書·天文志》一節，可說是合用陰陽五行學說及《易經》的體系來支持科學上的假設的典型例子。其次，由於八卦亦分爲陰陽和分屬於五行，如：

☰乾	陽	金
☷坤	陰	土

☳震　　陽　　木
☵坎　　陽　　水
☶艮　　陽　　木
☴巽　　陰　　木
☲離　　陰　　火
☱兌　　陰　　水及金

有了這個系統，易學家便不難把上面各種理論附會到任何事物上。以中國煉丹術爲例，張伯端在《悟眞篇》說：

"'離'居日位翻爲女，'坎'配蟾宮卻是男。不會箇中顚倒意，休將管見事高談。"④

許多中國煉丹家慣用隱晦的語調，留難有專門學識的人進行實驗，引證他們的理論。張伯端的歌訣極之晦澀，其次，雖然他大概是說內丹，卻用普通外丹的名詞。"離"可能指水銀；"坎"如不是指硫磺，就是指鉛或金。因此，上文可能指用水銀和鉛，或水銀和金，或水銀和硫磺作爲成分，進行製造汞合金（amalgam）的實驗。用"離"卦和"坎"卦作爲解釋，並不能夠加深我們對汞合金的認識。事實上，汞合金使許多古代的中國煉丹師誤信他們已經成功地製造出金和銀。

《易經》的體系吸引了很多現代學者的興趣，他們並且撰述了許多專著來研究這個體系。爲甚麼這個古老的體系到了今天還有這樣大的吸引力呢？看過下面的論證後，讀者不難體會個中道理。假定我們用 A、B、C、D、E、F、G、H 八個符號代表八卦，那麼八卦相乘爲六十四卦，便得出下面的結果：

AA, BB, CC, DD, EE, FF, GG, HH, $2AB$, $2AC$, $2AD$, $2AE$, $2AF$, $2AG$, $2AH$, $2BC$, $2BD$, $2BE$, $2BF$, $2BG$, $2BH$, $2CD$, $2CE$, $2CF$, $2CG$, $2CH$, $2DE$, $2DF$,

$2DG, 2DH, 2EF, 2EG, 2EH, 2FG, 2FH, 2GH$。

如果我們計算 A、B、C、D、E、F、G、H 八項式之和的平方，亦得到相同的答案：

$$(A+B+C+D+E+F+G+H)^2$$
$$=A^2+B^2+C^2+D^2+E^2+F^2+G^2+H^2+2AB+2AC+2AD+2AE+2AF+2AG+2AH+2BC+2BD+2BE+2BF+2BG+2BH+2CD+2CE+2CF+2CG+2CH+2DE+2DF+2DG+2DH+2EF+2EG+2EH+2FG+2FH+2GH$$

其次，以 x 表示陰的符號- -，以 y 表示陽的符號—，於是"坤"卦☷變爲 x^6，"乾"卦☰變爲 y^6，"需"卦䷄變爲 x^2y^4，如此類推，六十四卦便得出下面的結果：

$$x^6,\ 6x^5y,\ 15x^4y^2,\ 20x^3y^3,\ 15x^2y^4,\ 6xy^5,\ y^6$$

亦即 x 與 y 之和的六次冪的答案：

$$(x+y)^6=x^6+6x^5y+15x^4y^2+20x^3y^3+15x^2y^4+6xy^5+y^6$$

有些人斷言上面的示範證明了六十四卦的創始人精通代數的乘方級數。不過，這些論證還應視爲六十四卦創始人把陰陽符號同時乘六，試圖求取各種可能的組合和排列時，所得到的結果。

註　釋

① 《春秋左傳注疏》(《四部備要》本)，卷九，頁十三下至十四下。

② 關於葛洪的生卒年，乃根據陳國符：《道藏源流考》(北京、中華

書局，一九六三年再版本），上册，頁九五至九八。吉田光邦認爲他在公元二八〇至二八六年間出世；菲爾費爾（E. Feifel）說他約生於公元二八一年，約卒於公元三四〇年；張子高認爲他的生卒年是約二八一年至約三六一年；袁翰青認爲是約二八一年至約三四〇年；而華里（J. R. Ware）則認爲是約二八〇年至約三四〇年。詳參 Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 5, pt. 3, p. 79.

③ 房玄齡(公元五七九年—公元六四八年)等:《晉書》(北京、中華書局，一九七四年)，卷十一，《志》第一，《天文》上，頁二八二；並參閱 Ho Peng Yoke, *The Astronomical Chapters of the Chin Shu*, p. 56.

④ （宋）張伯端：《悟眞篇》（《方壺外史叢編》本，第五卷，《屯字集》），頁十下—十一上；並參看 Ho Peng Yoke, "The System of the Book of Changes and Chinese Science", *Japanese Studies in the History of Science*, 11(1972), pp. 23-39.

六　二進制與先天、後天序

數學裏的二進制是十分奇妙的。我們一向慣用十進制，當要表示一個已知數時，便在個位寫上 0 至 9，自 10至 99則用十位，自100至999則用百位，逢十遞進，如此類推。因此365這個數的意思是:

$$300+60+5$$

或　$$3\times100+6\times10+5$$

除了用十進制外，我們可以設計很多其他的進位制來表示同一個數。在二進制中，我們逢二進位。因此，用十進制和二進制寫下0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10等數便有不同的表示:

二進制	十進制
0	0
1	1
10	2
11	3
100	4
101	5
110	6
111	7
1000	8
1001	9

1010 10

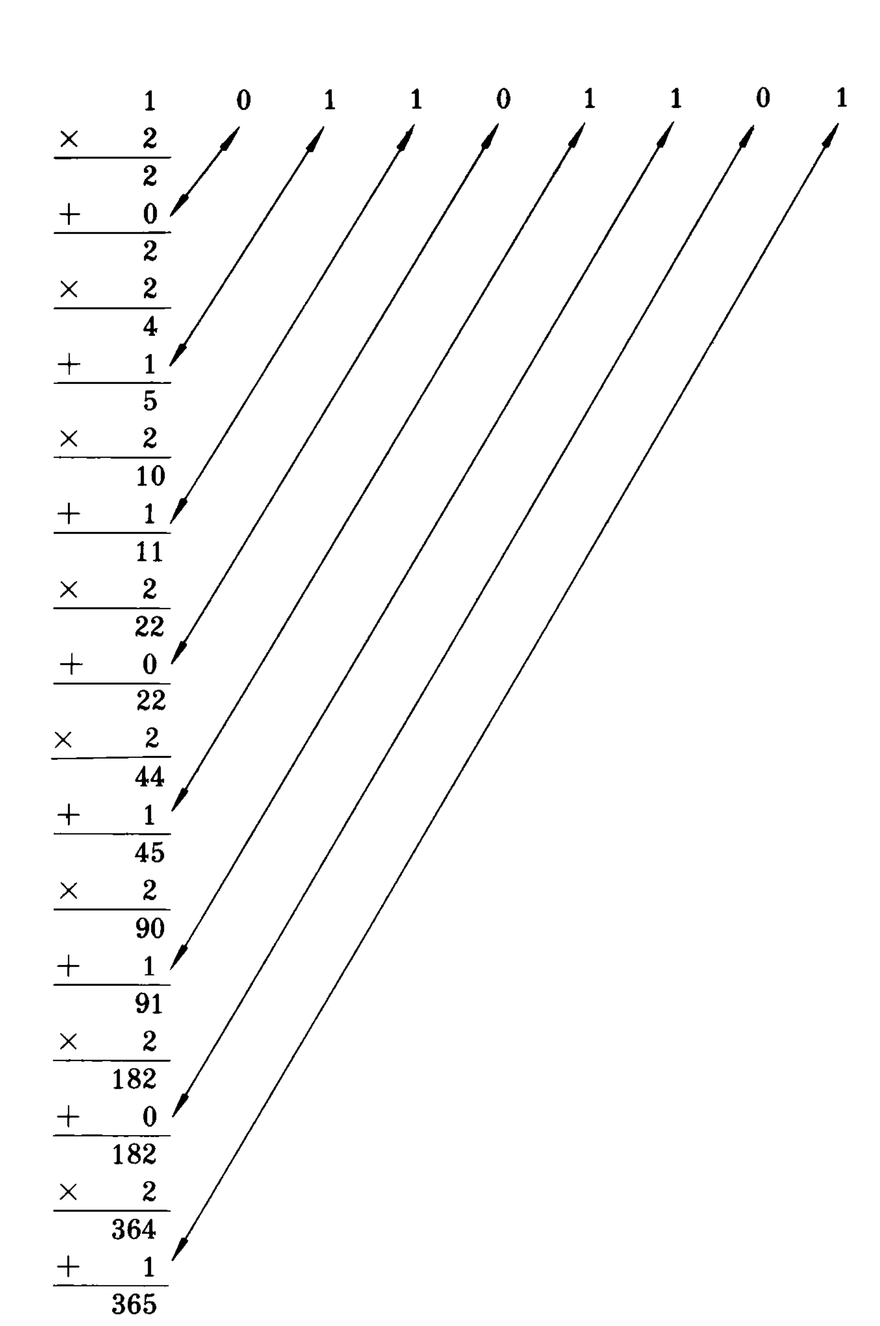
從一種進位制轉爲另一種進位制相當容易。例如把365從十進制轉爲二進制，祇要不停用2除365，並記下每次的餘數，直到商是1爲止。

```
2)365
2)182  1
2) 91  0
2) 45  1
2) 22  1
2) 11  0
2)  5  1
2)  2  1
    1  0
```

把商1和餘數倒序紀錄下來，便得到101101101這個二進數。

相反來說，我們也很容易將一個二進數轉爲十進數。就以101101101爲例，從左面開始，以2乘第一位數，再加第二位數；把答案乘2，然後加第三位數；如此類推下去，直至加上左面最後一位數，便得出365。

在十七世紀末及十八世紀初，以發明微積分著名的偉大數學家萊布尼茨（Gottfried Wilhelm Leibniz，公元一六四六年——公元一七一六年），把一部分興趣專注於二進記數法。他從一個在中國傳教的耶穌會士白晉（Joachim Bouvet）得悉《易經》的六十四卦。如果八卦以“坤”爲首，先把“坤”卦重疊，然後把其他七卦依次疊在“坤”卦之上；再將其他七卦逐一重複這個步驟，六十四卦便衍生出來（參圖一五）。如果我們以數字0代替陰的符號，以1代替陽的符號，按照圖一四



1 0 1 1 0 1 1 0 1
× 2
2
+ 0
2
× 2
4
+ 1
5
× 2
10
+ 1
11
× 2
22
+ 0
22
× 2
44
+ 1
45
× 2
90
+ 1
91
× 2
182
+ 0
182
× 2
364
+ 1
365

䷁ 坤 2	䷖ 剝 23	䷇ 比 8	䷓ 觀 20	䷏ 豫 16	䷢ 晉 35	䷬ 萃 45	䷋ 否 12
䷎ 謙 15	䷳ 艮 52	䷦ 蹇 39	䷴ 漸 53	䷽ 小過 62	䷷ 旅 56	䷞ 咸 31	䷠ 遯 33
䷆ 師 7	䷃ 蒙 4	䷜ 坎 29	䷺ 渙 59	䷧ 解 40	䷿ 未濟 64	䷮ 困 47	䷅ 訟 6
䷭ 升 46	䷑ 蠱 18	䷯ 井 48	䷸ 巽 57	䷟ 恆 32	䷱ 鼎 50	䷛ 大過 28	䷫ 姤 44
䷗ 復 24	䷚ 頤 27	䷂ 屯 3	䷩ 益 42	䷲ 震 51	䷔ 噬嗑 21	䷐ 隨 17	䷘ 无妄 25
䷣ 明夷 36	䷕ 賁 22	䷾ 既濟 63	䷤ 家人 37	䷶ 豐 55	䷝ 離 30	䷰ 革 49	䷌ 同人 13
䷒ 臨 19	䷨ 損 41	䷻ 節 60	䷼ 中孚 61	䷵ 歸妹 54	䷥ 睽 38	䷹ 兌 58	䷉ 履 10
䷊ 泰 11	䷙ 大畜 26	䷄ 需 5	䷈ 小畜 9	䷡ 大壯 34	䷍ 大有 14	䷪ 夬 43	䷀ 乾 1

圖一五　六十四卦圖

000000	000001	000010	000011	000100	000101	000110	000111
001000	001001	001010	001011	001100	001101	001110	001111
010000	010001	010010	010011	010100	010101	010110	010111
011000	011001	011010	011011	011100	011101	011110	011111
100000	100001	100010	100011	100100	100101	100110	100111
101000	101001	101010	101011	101100	101101	101110	101111
110000	110001	110010	110011	110100	110101	110110	110111
111000	111001	111010	111011	111100	111101	111110	111111

圖一六　二進記數法表示六十四卦圖

的先後次序，六十四卦便如圖一六。這恰是由 0 至63的二進記數法。

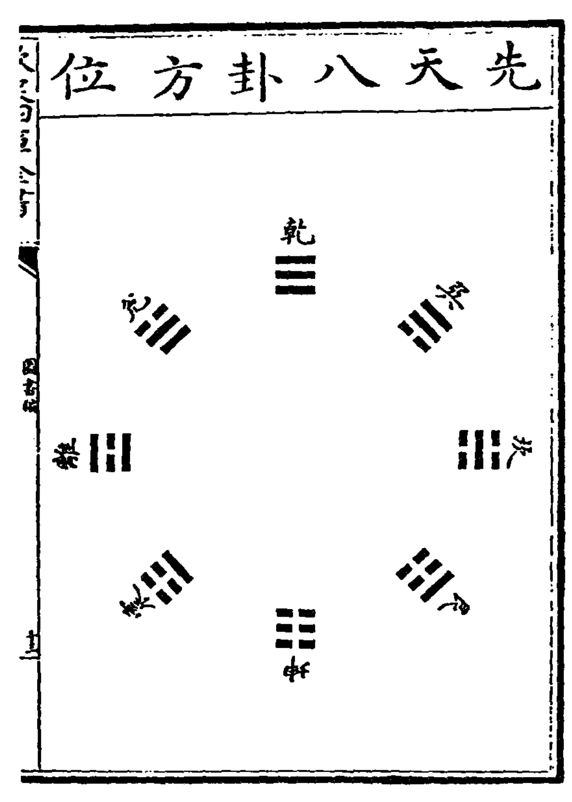
這種排列六十四卦的次序圖式爲“先天圖”，八卦的次序以“乾”爲首（參圖一七）。據說這種圖式和它所根據的象數原理在沒有天地前即已存在，所以稱爲“先天”，以別於相傳由周文王釐定的六十四卦次序圖式“後天圖”，八卦的次序以“離”爲首。（參圖一八）。事實上，這兩個名稱亦暗示了它們出現的前後次序。

萊布尼茨指出六十四卦和二進記數法的類似，並把宗教的意義和神秘的意義附在二進位算術上說:

> “所有組合都是從一和零產生出來的，好像說萬物的主宰從無中創造萬物。同時，世界上祇有萬物的主宰和無兩個基本原理。”

萊布尼茨希望藉着半數學性質的論證及提出萬物的主宰默啓伏羲用那個次序作卦的說法，勸使清朝的皇帝信仰耶教。

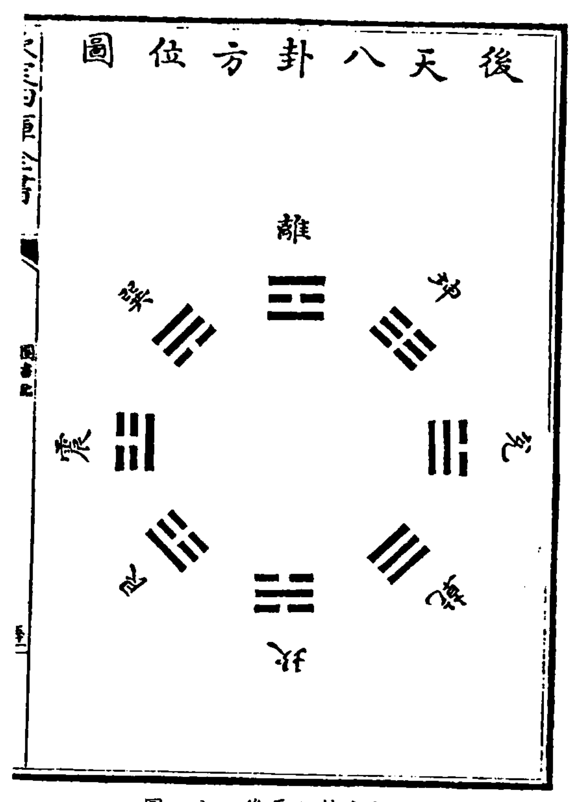
先天圖序雖說是伏羲所作，但它的年代並不久遠，最遠祇能追溯到宋代大哲學家邵雍（公元一〇一一年——公元一〇七七年）的《皇極經世書》。此書約在宋仁宗嘉祐六年（公元一



圖一七　先天八卦方位圖

〇六〇年）撰成，從現存的文獻看來，邵雍就是這個圖序的始創人。① 自從馬王堆被發現以後，即使相傳由周文王所作的後天圖序似乎也不是那麼古老。馬王堆出土的六十四卦排列的次序和學者一直以來所熟悉的截然不同。②

二進記數法近來成為最適合現代電腦所採用的高速電子反回路綫的系統。由於二進制數祇有 0 和 1 兩個數，因此採用二進記數法構設綫路十分簡便，就好像電鍵祇需用“開”與“關”



圖一八　後天八卦方位圖

而已。萊布尼茨被公認為提倡計算機用二進制的先驅者。無論如何，他的二進制算術概念的形成，在某種程度上和中國的六十四卦有關。

現代生理學家認為上述類形的電腦是研究動物中樞神經系統最理想的模型。生理學家和生物化學家比較贊同感官知覺是由能源而不是由訊號來傳送的，就好像他們同樣會認為電腦是由輸送動力到各綫路的動力工程師操縱，而不是由監管往來訊

號是否清晰的通訊工程師負責。據他們指出，在比較高等智慧生物的中樞神經系統中，神經細胞彷是依照二進制算術的原理來活動。生理學家稱這種活動爲“全有或全無的反應”。

從上面的例子看來，中國古代是自然科學和人文科學緊密聯繫的，與爲現代科學開闢道路的歐洲的情況不同。中國的陰陽五行學說、《易經》的體系、“河圖”和“洛書”圖的組合構成一種“一致性的”或“宇宙的”定理。這種定理無論從天文學到煉丹術，從醫學到魔術，從政治到倫理，從哲學到占卜算命，以致世間任何事物，都同樣適用。相反，現代科學分爲很多學科，每一個學科又分爲若干部門。例如物理學諸門各有自己的物理定律，所以並沒有一個一致性的定律可以解釋整個物理學中的每一事物，而且有些物理定律是互不相脗合的，如量子力學(quantum mechanics)和相對論(theory of relativity)及光學中的微粒學說和波動學說便背道而馳。可見在西方連一條能夠解釋物理學內所有現象的定律也沒有可能，何況是整個科學？但中國人卻嘗試尋找一些原理，不但能解釋科學，而且包括所有人類的知識和活動。

我們對中國傳統理、氣、數的理論不應太苛求，因爲它們都是一種作性質上解釋的理論，而不是現代科學的定量理論。幾年前雷內湯姆(René Thom)評述說：

> “笛卡兒曾經對任何自然現象嘗試尋求解釋，但未曾作出任何計算；牛頓對任何自然現象都嘗試作出計算，但未嘗尋求任何解釋。科學出現這個進退兩難的問題就是等於我們要從巫術、幾何學兩者之間選擇。所以致力探尋原理的人們就絕對不可存有定量科學所有的對從蘇格拉底至笛卡兒時期所作性質上解釋理論

的武斷偏見。”③

就現代科學，尤其是數學來說，精簡是一個優良定理必具條件中之一。雖然在應用陰陽五行的理論，《易經》和“河圖”、“洛書”的體系之時，如占卜算命方面，可能變得頗爲複雜，但其中的原理肯定相當精簡。因此，這些中國傳統的原理符合了簡單和概括這兩個現代科學原理的目標，祇可惜還未能具備另一個必須的條件。科學原理是用來應用的，它們除了能解釋甚麼已經發生的事情外，還可以清楚明確地預知事情將來的發生。傳統中國的原理卻不能夠幫助我們計算和預測橋樑荷重力、火車的速度，更不必說太空穿梭機了。雷內湯姆又論述他自己所作的質量方式說：

“這些方式能否在實驗室內施用呢？這些方式能否作出可以用實驗來證實的預測呢？我很抱歉的對讀者說，這兩個問題的答案都是一個否字，和古典型的數量方式相較下任何質量方式都特具此缺點。”④

因此，這些中國傳統理論是不能代替現代科學的。無論怎樣，這些原理到了今天仍然使許多學者神往，而且我們若要深入了解和欣賞一般中國文化或特別鑽研科學與文明，對它們的認識是不可缺少的。在傳統中國裏，自然科學和人文科學是不分家的，而且從未有過像歐洲在十七世紀時關於自然科學、玄學、神學等哲理的爭辯。⑤

註 釋

① 參看Ho Peng Yoke, “The System of the *Book of Changes* and Chinese Science”, pp. 23-39.

② 卦的序列和今本大不相同，而且沒有分成上下篇。馬王堆出土的《易經》是將八卦按照先陽後陰的原則分開，即乾、艮、坎、震、坤、兌、離、巽爲序，作爲上卦；每種上卦，分別按乾、坤、艮、兌、坎、離、震、巽配成下卦。參看中國科學院考古研究所、湖南省博物館寫作小組：《馬王堆二、三號漢墓發掘的主要收獲》，《考古》，一九七五年第一期，一九七五年一月，頁五十。

③ René Thom, *Structural Stability and Morphogenesis*(Reading, Mass., 1975), p. 5

④ 同上，頁三二一。

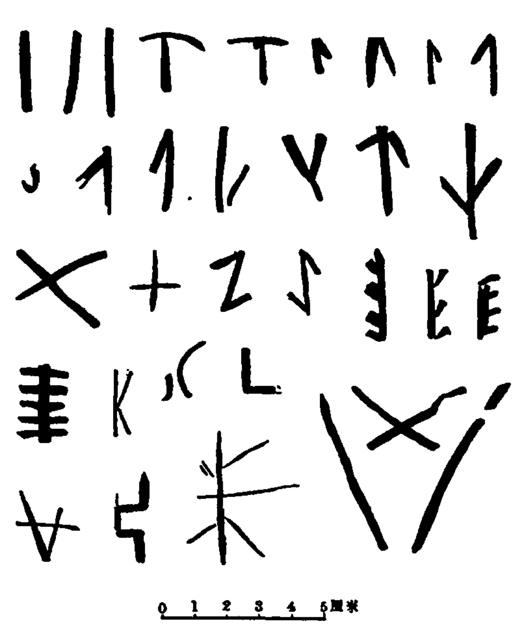
⑤ 朱熹曾討論過死亡和復活的問題，並認爲人死後精靈不復存在，詳 Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 2, p. 490. 但從未有過任何大的爭辯。

第二篇

數　學

一　中國古代的數學

“數”的其中一面是數學。由於中國人認爲“數”十分重要，故此對數學也相當重視。古代以禮、樂、射、御、書、數六個科目教育貴族子弟，稱爲六藝，其中的數便指數學。相傳黃帝命臣子隸首作算術，又說伏羲是“規矩”的創始人，據山東省一幅公元二世紀時漢朝的浮雕像壁，刻有伏羲手持矩、女



0 1 2 3 4 5厘米

圖一九　半坡陶器刻符圖

媧手執規的圖像。又有一些傳說謂上古的中國人用結繩記數。

半坡陶器上所刻的數字，是中國人最早使用數字的證據，這些陶器約爲公元前四千八百年至公元前三千六百年之間的器物。（參圖一九）在甲骨文中也發現大量的數字，甲骨文的年代約是公元前一千五百年至公元前一千一百年。藪內淸記述他在一九五九年在英國的經歷說：

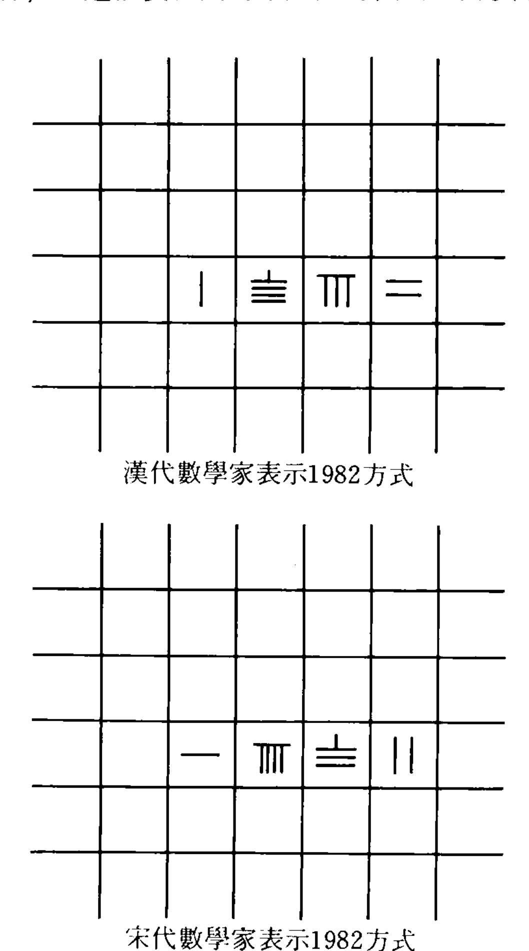
> “到英國旅行的人，會被複雜的幣制所困擾。那裏使用着一先令十二便士，二十先令一鎊，以及二十一先令一畿尼的單位。最近雖然考慮使用十進制貨幣單位，但要實行就不容易罷！古代的巴比倫全用六十進位，現在從時鐘的刻度數尚可看到遺跡。但是在中國，在特殊的情況下曾經使用過十二進位，而基本上是十進制的，由這點也得承認中國人是合理的。殷代的甲骨文中就有一、十、百、千等文字。”①

因此，中國人自有歷史以來，已曉得使用十進制了。李約瑟說中國人在商代的數字體系大致上比同時期古巴比倫及埃及的數系更先進和更科學化，也比一千多年後希臘和羅馬的數字系統爲優勝。

古代中國人用“籌”作爲記數和計算的工具。“籌”又稱爲“策”、“算子”、“籌策”及“算籌”。關於籌的形狀和大小，最早見於《漢書·律曆志》。根據記載，籌是長六寸、直徑一分的圓柱形竹棍。至於公元六世紀的《數術記遺》記載的籌，長四寸，而且有一個三分長闊的橫斷面。此外還有各種不同形狀和大小的籌，而且除竹籌外，還有木籌、鐵籌、玉籌和牙籌。②

用籌來進行計算，首先是把數目置（或列）在一張方格花

的算盤上。③表示數字的形式分縱式（𝍠 𝍡 𝍢 𝍣 𝍤 𝍥 𝍦 𝍧 𝍨）和橫式（𝍩 𝍪 𝍫 𝍬 𝍭 𝍮 𝍯 𝍰 𝍱）兩種，記數時便按照縱橫相間的原則進行，不過縱橫相間的原則因時代而不同。（參圖二〇）

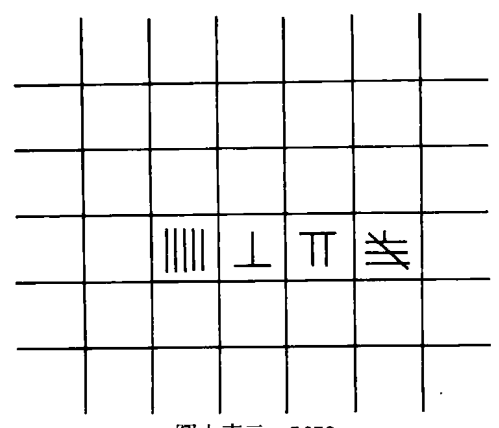


漢代數學家表示1982方式

宋代數學家表示1982方式

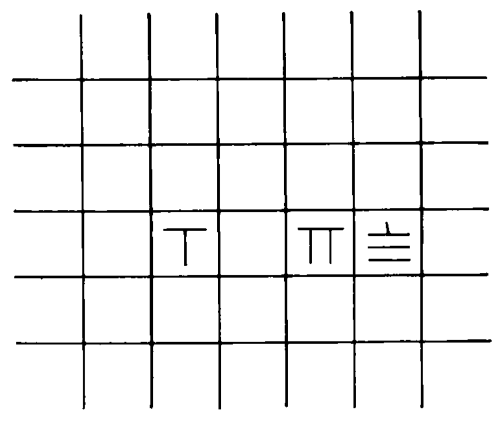
圖二〇　算籌記數方式圖

紅色和黑色的籌分別代表正數和負數。如果不用兩種顏色來表示正負數，便在負數最細位數的籌上，斜放另一根籌來表示。（參圖二一）遇到零的時候，最初留個空位表示。(參圖二二)



圖中表示－5678

圖二一　算籌記負數圖



圖中表示6078

圖二二　算籌表零圖

雖然，在一些情況下，我們很容易從記數的方法推斷出數字的位數，例如我們不會把6078當作678，因爲678寫成⊥ㄒ𝍤，而不是ㄒ ㄒ𝍤；但當紀錄每根籌的位置時，6與7之間的空格可能引起混淆。至於用圈作爲零的符號，最先見於十三世紀時秦九韶所著的《數書九章》，如他把1,470,000寫爲

丨≡ㄒ○○○○。

錢寶琮和嚴敦杰同樣認爲中國人用圈表零的方法，是從表示一個數中空位的方格獨立發展而來，並沒有受到外來的影響。一般來說，印度人被認爲世界中最先使用零的記號。在公元五世紀初，《泡利薩曆數全書》（*Paulisa Siddhānta*）及聖使（Āryabhaṭa）和彘日（Varāha-Mihira）的數學著作，都提到*śūnya*這個字，意思是"空虛"。至於表示零的點（·*bindu*），則由六世紀的詩人蘇班多（Subandhu）的詩《婆薩伐達塔》（Vasavadattā）和十世紀的巴克沙里（Bakhshāli）的手抄本先後應用。但用圈代表零的證據最早於公元八七〇年出現在瓜略爾（Gwalior）的波闍提婆（Bhojadeva）碑文上。在中國方面，瞿曇悉達（Gautama Siddhārtha）在公元七一八至七二九年間作的《開元占經》，最早採用點（*bindu*）表示零。柯提斯（Coedès）發現，在柬埔寨以點和圈爲零的記號，最先分別在公元六八三年及六八六年出現。其實，遠在印度人有*śūnya*這個字以前，中國人已有"零"字，表示"沒有"，但數學家認爲文字和符號是兩回事。無論怎樣，位值的觀念在中國已有悠久的歷史。有人認爲位於亞洲東南部的中印文化接壤處，就是首先使用零的符號的地方。既然這是在印度文化區東部發生的事，印度人爲數學帶來零的貢獻，是不容否定的。

《周髀算經》是中國最早的數學著作，可是它確實的年代

和作者，已難稽考。由於書中載有周公和數學家商高的對話，因此有人認爲它是周初的作品。但有些學者懷疑這節對話並不可信，而且相信它是周末的著作。日本學者能田忠亮據書中所記星宿的位置，推斷《周髀算經》的年代是在公元前五七五至公元前四五〇年之間，或約爲春秋時期（公元前六四四年——公元前四〇二年）。④

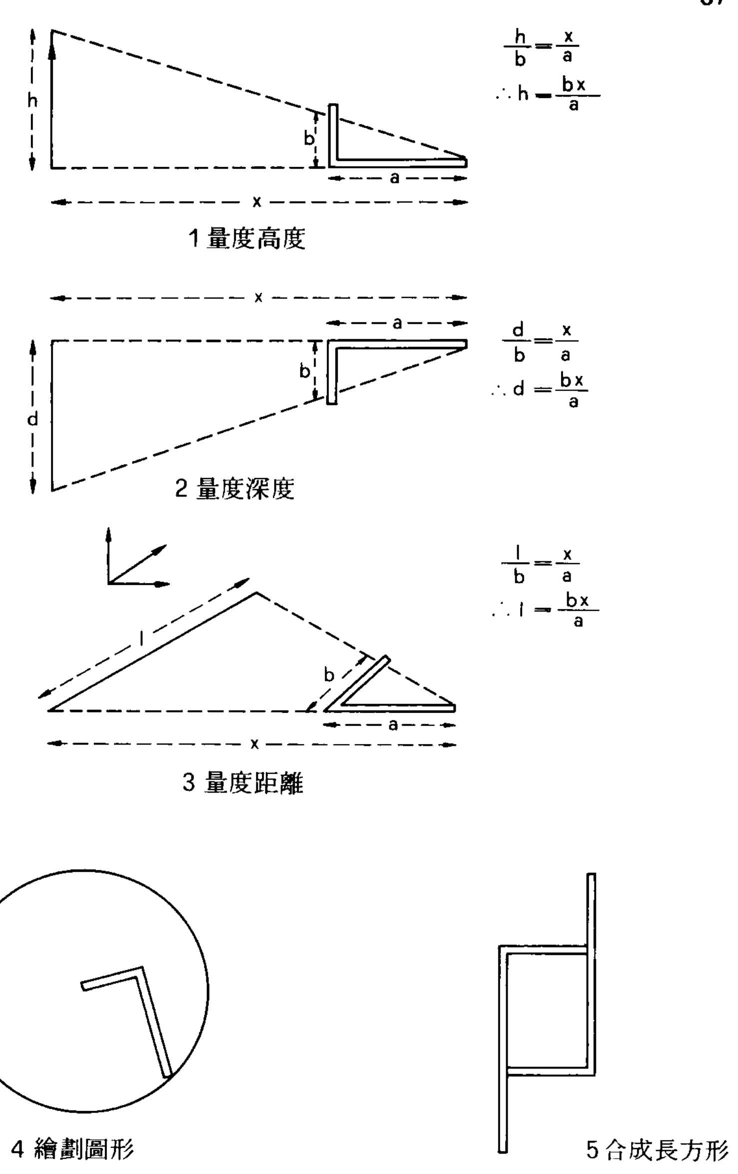
《周髀算經》這個書名的意義，有幾種解釋。“周”可以指周朝，亦可能指圓周；“髀”是股骨，或是用來測量日影的垂直桿，亦即日晷。李約瑟把這部書譯作“The Arithmetical Classic of the Gnomon and the Circular Paths of Heaven”，就是採用圓周和日晷之說。⑤

《周髀算經》最早見錄於《隋書·經籍志》，書中附有趙君卿（約公元二世紀）的註釋。到了唐代，《周髀算經》成爲國子監算學科的教科書之一，位列“算經十書”之首。⑥

《周髀算經》第一章討論三角形的性質和矩（曲尺）的用途。書中說如果一個三角形邊長的比例是3:4:5，它們的關係便是$3^2+4^2=5^2$。換言之，書中提出了直角三角形的一個特例，這就是：兩腰的平方之和等於斜邊的平方。作者接着講解矩的用法，闡述如下：

（1） 把矩平放，可以測知距離；
（2） 把矩直豎，可以測量高度；
（3） 把矩倒豎，可以測定深度；
（4） 按着矩其中一端來旋轉，可以劃出圓形；
（5） 把兩矩拚合，可以形成正方形或長方形。（參圖二三）

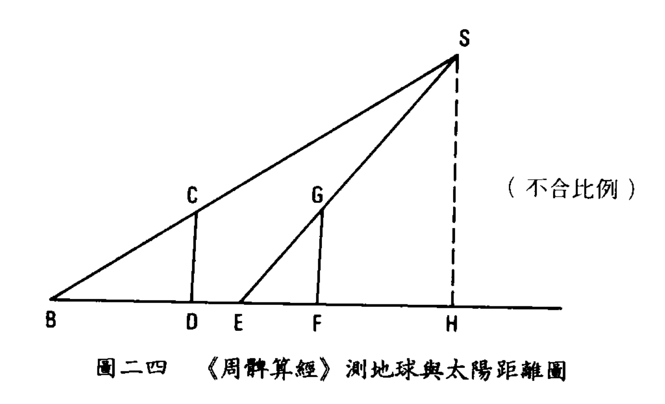
《周髀算經》舉出一個有趣的方法來量度太陽和地球之間



h
b
a
x
$\frac{h}{b}=\frac{x}{a}$
$\therefore h=\frac{bx}{a}$
1 量度高度
x
a
b
d
$\frac{d}{b}=\frac{x}{a}$
$\therefore d=\frac{bx}{a}$
2 量度深度
l
b
a
x
$\frac{l}{b}=\frac{x}{a}$
$\therefore l=\frac{bx}{a}$
3 量度距離
4 繪劃圖形
5 合成長方形

圖二三　矩的用途示範

的距離。作者假定地球表面是一個平面，在同一子午綫上豎立兩枝八尺長的標竿，當夏至時的正午，一枝標竿的影是一尺七寸，另一枝標竿是一尺五寸。透過上述的觀察，便推出地球和太陽相距八萬里。當然，八萬里這個數目離事實太遠，但計算出這個答案，作者必定已對相似三角形的關係有很深的認識。



圖二四　《周髀算經》測地球與太陽距離圖

如圖二四所示，GF和CD分別代表兩枝標竿，EF和BD代表兩枝標竿的影，把EG和BC延長在S相交，相交點便是太陽的位置，而SH就是太陽離地球表面的垂直高度。按圖二四中兩個相似三角形計算，則：

$$\frac{SH}{EF+FH}=\frac{GF}{EF}$$

$$\frac{SH}{BF+FH}=\frac{CD}{BD}$$

亦即　$$SH=\frac{GF(EF+FH)}{EF}=\frac{CD(BF+FH)}{BD}$$

$$BD\cdot GF(EF+FH)=CD\cdot EF(BF+FH)$$

由於 $CD = GF$

$$BD \cdot EF + BD \cdot FH = EF \cdot BF + EF \cdot FH$$

$$FH(BD - EF) = EF \cdot BF - BD \cdot EF$$

$$= EF(BF - BD)$$

$$FH = \frac{EF(BF - BD)}{BD - EF}$$

$$\therefore \quad SH = \frac{GF}{EF}\left[EF + \frac{EF(BF - BD)}{BD - EF}\right]$$

$$= \frac{GF(BF - EF)}{BD - EF} = 80,000\text{里}$$

除了講解勾股定理和地面上的勾股測量外，《周髀算經》還說到圓周率的問題，提出圓周的長同它直徑的比的常數是 3（即$\pi = 3$）。書中其餘部分主要闡述天文曆法，認爲一年相等於$365\frac{1}{4}$日，一月等於$29\frac{499}{940}$日。天分爲$365\frac{1}{4}$度，一度相應於太陽在黃道上一天轉置的位置。此外，又談到天文學上“蓋天”說的理論，留待討論天文學時再介紹。

註　釋

① 藪內清：《中國古代の科學》（京都、角川書店，一九六四年），頁八〇。

② 參看寶雞市博物館、千陽縣文化館、中國科學史研究所：《千陽縣西漢墓中出土算籌》，《考古》，一九七六年第二期，一九七六年三月。頁八五至八八，及頁一〇八。

③ 這裏所說的算盤是指籌算用的計算板，而不是後來用作珠算用的工

具。

④ 參看能田忠亮:《周髀算經の研究》(京都, 誠一堂, 一九三三年)。

⑤ 參看 Joseph Needham, *Science and Civilisation in China* vol. 3 (Cambridge: University of Cambridge Press, 1959), p. 19 & 24.

⑥ 唐代國子監內設算學館, 置博士和助教, 指導學生學習數學, 規定以《周髀算經》、《九章算術》、《孫子算經》、《五曹算經》、《夏侯陽算經》、《張丘建算經》、《海島算經》、《五經算術》、《綴術》、《緝古算經》十部算書爲課本, 因而後世有"算經十書"之稱。並參看本篇〔四〕。

二　漢代的數學

《漢書》和《後漢書》記載了不少漢代的數學家。如《後漢書・律曆志》載張蒼（公元前一六五年——公元前一四二年著稱）著有數學和曆法的著作八十卷。《漢書》提到數學家耿壽昌（公元前七五年——公元前四九年著稱）被任命爲大司農中丞。《漢書・藝文志》紀錄了《許商算術》（二十六卷）和《杜忠算術》（十六卷）兩種數學著作，可惜現在已經失傳。

此外，有些數學家特别引起我們的注意。《周髀算經》的"周三徑一"（即$\pi=3$）不能滿足他們的要求，於是比較準確的圓周率就出現了。例如，劉歆（？——公元二三年）在公元一世紀初製造律嘉量斛（一種圓柱形標準量器），所取的圓周率是3·1547。公元二世紀初，張衡（公元七八年——公元一三九年）在他的《靈憲》中取用$\pi=\frac{730}{232}=3\cdot1466$；又在球體積公式中取用$\pi=\sqrt{10}=3\cdot1622$。三國時吳人王蕃（公元二二八年——公元二六六年），在他的渾儀論說中取用$\pi=\frac{142}{45}=3\cdot1556$。而魏晉之際的傑出數學家劉徽，用割圓術來計算圓周率，從而得到$\pi=\frac{157}{50}=3\cdot14$及$\pi=\frac{3927}{1250}=3\cdot1416$的準確數目。

劉徽是《九章算術注》的作者。《九章算術》這部數學巨著吸引了許多學者的興趣。例如，王鈴於五十年代在劍橋大學攻讀哲學博士學位時，便以它爲研究對象。較後，莫斯科歷史科學學院 Elvira Berezkina 博士，也在研究這部著作。

《九章算術》又稱爲《九章算經》，不但在內容方面比《周髀算經》豐富，而且所提出的數學理論也比較精確和進步。可是我們並不知道它的作者和成書年代。劉徽在公元二六〇年爲《九章算術》作序，提到這部書在秦始皇禁書時受到破壞，後來由西漢的張蒼和耿壽昌增訂刪補和註釋。有些學者認爲書中講述的數學，有的在周朝末年已十分流行，而且是諸侯教育課程的一部分。然而，書中提到不少先秦和秦代的制度和術語，又經過漢代學者的整理，可以說它是周秦以至漢代中國數學發展的一個總結。

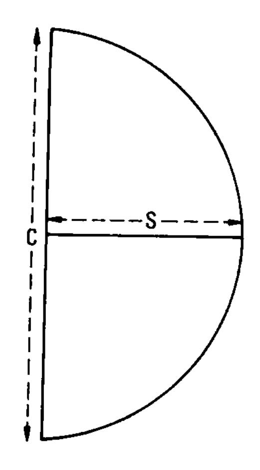
《九章算術》可說是中國數學史上最具影響力的著作。① 正如書名所提示，全書共分九章，一共搜集了二百四十六個數學問題，分爲九大類，每類即一章，各標上一個特定的名稱。它的內容大略如下：

第一章《方田》（即測量田地）：講述長方形、梯形、三角形、圓形、弓形和環形的平面形求面積法。例如，假如$\pi=3$，一個圓形的面積便是$\frac{3}{4}d^2$（d＝直徑）或$\frac{1}{12}C^2$（C＝周界）；亦即$\frac{\pi}{4}d^2$及$\frac{1}{4\pi}C^2$。又如弓形面積的方程是$A=\frac{1}{2}(C+S)S$（按：A表示弓形的面積，C表示弓形的弦，S表示弓形的箭，參圖二五）。這個公式並不準確，但有趣得很，同樣的公式在公元八五〇年印度數學家大雄（Mahāvira）的著作《伽尼達薩

羅沙格拉哈》(*Ganitasārasamgraha*)中出現。

第二章《粟米》(即小米和大米，意指糧食交易)：講解百分率和比例。日本學者三上義夫最先指出這一章最後的九個問題，適宜使用不定方程求解，但書中卻根據比例的推理，求得答案。

第三章《衰分》(“衰”是按比例，“分”是分配)：本章討論合資問題和三率法，也包括品質不同的貨物的稅收問題，及其他用比例解決的算術級數和幾何級數的問題。



圖二五　《九章算術》所示求弓形面積圖

第四章《少廣》(“少”是減少，“廣”是寬度)：講的是由已知的面積、體積及一邊長度，利用開平方和開立方的方法，反求其他邊長的問題。

第五章《商功》(“商”是商量，“功”指工程)：主要講解立體形求體積法，所討論的立體形，包括稜柱、圓柱、稜錐、圓錐、圓臺、四面體、楔形等。實例則有城牆、堤防、水道等。

第六章《均輸》(字面是公平徵稅的意思)：本章處理行程和均勻負擔徵稅的問題，尤其是關於人民從家鄉運送穀物到京師交稅所需的時間。此外還提到一些和人口徵稅有關的問題。

第七章《盈不足》(又作《盈朒》，“盈”指滿月，“不足”或“朒”指新月，表示太多或太少)：這一章說明中國人在代數方面一個發明——假設法。假設法是盈虧類問題的解法，專用來解 $ax=b$ 型的方程。

第八章《方程》（即列表計算的方法）：這一章解說聯立一次方程組，而且用到正數和負數進行分析。章中最後一個問題牽涉到四個方程和五個未知數的問題。“方程”後來變成一切等式的名稱。

第九章《勾股》（直角三角形）：本章詳盡闡述《周髀算經》中已提出的直角三角形的性質。其中第二十個問題提出了一般二次方程的解法問題，它的方程如下：

$$x^2+(14+20)x=2(1775\times 20)$$

簡單介紹過《九章算經》的內容以後，現在讓我們舉一些例子，看看這部書的講述方式。如第七章《盈不足》中，有下列一個問題：

“今有黃金九枚、白銀十一枚，稱之，重適等。交易其一，金輕十三両。問金銀一枚各重幾何？

“答曰：金重二斤三両十八銖，銀重一斤十三両六銖。”②

又如第六章《均輸》，有下面一個問題：

“今有兔先走一百步，犬追之二百五十步，不及三十步而止。問犬不止，復行幾何步及之？

“答曰：一百七步七分步之一。”③

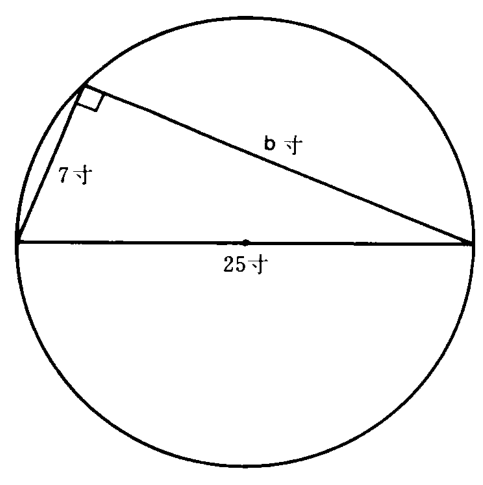
在第九章《勾股》中，有下列一個有趣的問題：

“今有圓材，徑二尺五寸，欲為方版，令厚七寸，問廣幾何？

“答曰：二尺四寸五分。”④

在一問一答以後，書中還列舉出計算的方法，如在上述最後的例子的答案後，便有這樣的解說：

“術曰：令徑二尺五寸自乘，以七寸自乘減之，其餘



圖二六　《九章算術》中勾股題解法圖

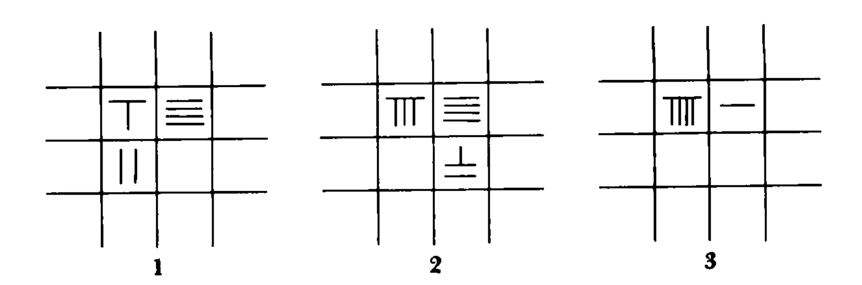
開方除之，即廣。”⑤

即是說：（參圖二六）

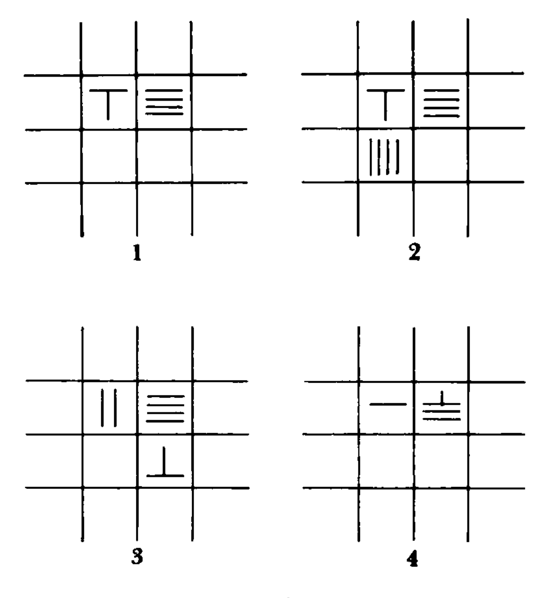
$$
\begin{aligned}
b &= \sqrt{25^2 - 7^2} \\
&= \sqrt{625 - 49} \\
&= \sqrt{576} \\
&= 24
\end{aligned}
$$

換言之，這塊方板的闊度應是二尺四寸，《九章算術》所列的答案是錯誤的。

說到這裏，讓我們簡單描述四則運算在古代和中古代中國是怎樣進行。首先說加法。加法古時稱爲“并”，分數的加法稱爲“合”。加法是由高位數算起的，即由左向右計算，同一位的數相加，和數超過十的，即在左邊數位上增添一籌。如64＋27，首先在計算板列出64；然後將十位的2加十位的6，得84；跟着再在個位4加上7；答案便是91。（參圖二七）



圖二七　籌算加法圖



圖二八　籌算減法圖

減法也是按照同樣方法進行，例如64－46，首先列出64，次由十位的6減去4，得出24；再用24減去6，便得到18的答案。（參圖二八）相減的結果稱爲“餘”或“差”。

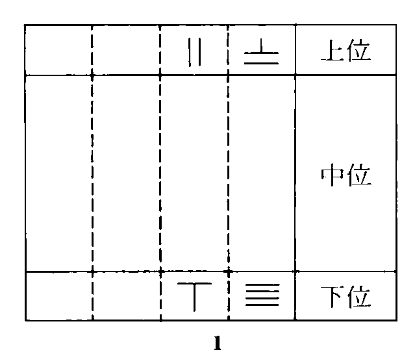
乘法又稱“因”或“加”。中國人用的乘數表(“九九歌”)採取對換乘法的原理(即 $A\times B=B\times A$)編制，比現代小學生熟誦的乘數較爲簡單。在漢朝以前，中國的乘數表是這樣的:

9×9＝81			
8×9＝72	8×8＝64		
7×9＝63	7×8＝56	7×7＝49	
6×9＝54	6×8＝48	6×7＝42	6×6＝36
5×9＝45	5×8＝40	5×7＝35	5×6＝30
4×9＝36	4×8＝32	4×7＝28	4×6＝24
3×9＝27	3×8＝24	3×7＝21	3×6＝18
2×9＝18	2×8＝16	2×7＝14	2×6＝12
1×9＝9	1×8＝8	1×7＝7	1×6＝6

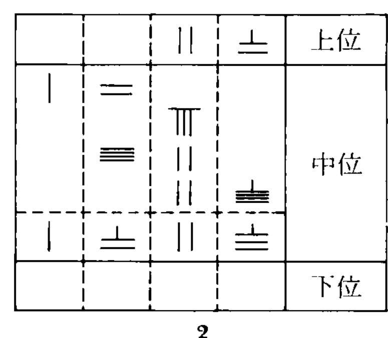
5×5＝25				
4×5＝20	4×4＝16			
3×5＝15	3×4＝12	3×3＝9		
2×5＝10	2×4＝8	2×3＝6	2×2＝4	
1×5＝5	1×4＝4	1×3＝3	1×2＝2	1×1＝1

計算乘數時，需用算盤中的三排，稱爲上位、中位、下位。乘數放在上位，乘積放在中位，被乘數放在下位。例如以27乘64。便把64放在下位，把27放在上位。乘法是以上位乘下位（以上命下）；其次，十位欄中的每個數，它的乘積必須向左移一欄（言十即過）。相乘的時候，首先以上位的2乘下位的

6（上二呼下六），得12，把它寫在左邊兩欄，表示1200；然後以2乘4（上二呼下四），得8，並放上中位和2相同的一欄。當上位的2乘遍下位數以後，便將它消去。接着以7乘6，得42，放在中位第二、三欄，表示420。取消下位的6，接着以7×4，得28，把它放在中位適當的位置，然後把上下位的數一一去掉。於是把中位的乘積加起來，便得到最後的積1728。這也即所謂“反乘法”。（參圖二九）



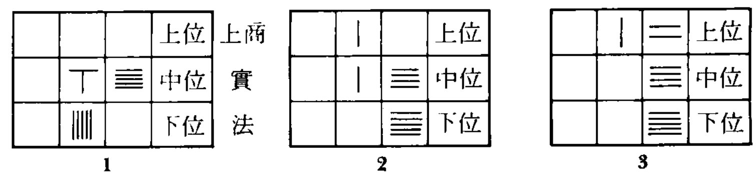
1



2

圖二九　籌算乘法圖

除法又稱爲“減”，計算方法和乘法相反。在除法中，被除數稱爲“實”，放在中位；除數稱爲法，放在下位；除得的結果稱爲“商”，放在上位，所以又稱“上商”。現以5除64爲例，說明除數的方法。首先把64和5分別放在算盤的中位和下位，把5放在6的數位下，是因爲6可以被6整除。由於1×5＝5而6－5＝1，因此把商數放在6之上的上位。接着把除數5向右移一個位；2×5＝10，14－10＝4，因此把商數2放在4之上的上位，並且取消十位的1。因此，64÷5的最後答案是$12\frac{4}{5}$。（參圖三十）



圖三〇　籌算除法圖

至於中國數學家開平方、立方及計算二次、三次和更高次方程的方法，在下文介紹其他古代算經時將會逐一討論。

註　釋

① 關於《九章算術》，可參看 Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 3, pp. 24-28, and Ho Peng Yoke, "Liu Hui", in C. C. Gillispie(ed), *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 8(New York: Charles Scribner's Sons, 1973.) pp. 418-424.

② 《九章算術》(《四部叢刊》本)，卷七，頁十一上。

③ 同上，卷六，頁十六下。

④ 同上，卷九，頁二上。

⑤ 同上。

三　公元五世紀至九世紀的數學

《九章算術》以外，漢代（公元前二〇六年——公元二二〇年）還有很多其他的數學著作。這些著作都已失傳，我們僅從後人徵引的資料中，知道部分書名。至於現存的漢代算書，爲數極少。其中徐岳的《數術記遺》，大約是公元一九〇年前後的作品。這部書後來由北周甄鸞（公元五七〇年著稱）註釋，即現在的通行本。然而，有些學者因爲書中部分內容和東漢末年的史事不合，認爲這本書並不是徐岳的原著，而是甄鸞依托僞造而自己註釋的書。

《數術記遺》的體裁和《九章算術》不同。書中有一個三行的幻數表，稱爲"九宮算"，（參圖三一）是中國典籍中講述幻數表的最早記載。書中又引述天目先生的話，說計算的方法有多種，其中包括珠算。這是談論算盤最古老的書籍，"珠算"一詞也是在這書中最早出現。雖然，書中解釋珠算的方法並不詳盡，也提到了四種算盤。

4	9	2
3	5	7
8	1	6

圖三一　"九宮算"圖

其次，這部書引人注目的地方是它提到許多偌大的數字。作者認爲"數有十等"，"其用有三"。所謂"十等"，即億、兆、京、垓、秭、壤、溝、澗、正、載；所謂"三用"，即上、

中、下三個不同的數列。換言之，這十個大數有上、中、下三種解釋的方法：第一種以十爲單位而升冪，如十萬爲億，十億爲兆，十兆爲京……，稱爲“下數”；第二種以萬(10^4)爲單位而升冪，如萬萬爲億，萬萬億爲兆，萬萬兆爲京，……稱爲“中數”；第三種是後一數爲前數的平方，如億億爲兆，兆兆爲京……，稱爲“上數”。(參表二)有些學者認爲作者引用這些大數，是受到佛教“劫”的概念的影響，但從書中找不到另外有力的證據來支持這個說法。

	下　數	中　數	上　數
億	10^5（十萬）	10^8	10^8
兆	10^6	10^{12}	10^{16}
京	10^7	10^{16}	10^{32}
垓	10^8	10^{20}	10^{64}
秭	10^9	10^{24}	10^{128}
壤	10^{10}	10^{28}	10^{256}
溝	10^{11}	10^{32}	10^{512}
澗	10^{12}	10^{36}	10^{1024}
正	10^{13}	10^{40}	10^{2048}
載	10^{14}	10^{44}	10^{4096}

表二　《數術記遺》中的十等數表

前文提過《九章算術注》的作者劉徽，他的名字還與另一部重要的數學著作《海島算經》連結在一起。《海島算經》於公元二六三年在三國的魏國面世，它的體裁和《九章算術》十分相近，篇幅卻不超過《九章算術》的一章。全書的內容都是講解用豎立的測竿來測量高度和距離，又說在必要時，還可使

用垂直的横木作爲工具。這部算書常附印在《九章算術》後面，似乎把它作爲《九章算術》最後一章的補充。此書在五、六十年前，由赫師愼（L，van Hée）譯成法文。①

《海島算經》外，《孫子算經》也是中國古代的重要數學著作。它的成書時代，不易確定，雖然它以孫子爲名，但與公元前六世紀的名將兼《孫子兵法》的作者孫武無關。由於書中提到釋迦牟尼的說話，表示成書在佛教傳入以後。李約瑟和王鈴據書中的內容考證這書是公元二八〇年至公元四七三年之間的著作。②

《孫子算經》分上、中、下三卷，首先敘述當時的度量衡制度，並附有金、銀、銅、鉛、鐵五種金屬和玉石的比重簡表，又討論到乘除運算、面積和體積算法、分數處理及平方、立方開方法。全書以卷下第二十六題最爲有名，並且有"孫子問題"之稱。這個問題涉及用不定分析（即一次同餘式組），是中國典籍中最早解決這類問題的例子，也可以說是世界上最早出現的例子。

這個問題和答案是這樣的：

"今有物不知其數，三三數之賸二，五五數之賸三，七七數之賸二，問物幾何？

"答曰：二十三。"③

用現代數學符號來表達，這個問題可以是這樣：

"設 $N\equiv 2(mod 3)\equiv 3(mod 5)\equiv 2(mod 7)$，求數 N。

"答案是 $N=23$。"

據《孫子算經》，這個問題的解法如下：首先找出 5 和 7 的公倍數，用 3 除它會餘 2；這個公倍數是 35（即 5 × 7）。接着求出 3 和 7 的公倍數，用 5 除它會餘 3，於是求得 63 這個公倍

數(即 3 × 3 × 7)。接着又求 3 與 5 的公倍數，這個公倍數被 7 除餘 2，於是得 30 (即 2 × 3 × 5)。把 35、63 和 30 相加，和數是 128。3、5、7 的最小公倍數是 105，用 128 減 105，得出的餘數便是答案，即 23。

本來，這類問題可以取得無限的答案，如 23；23+105；23+(2×105)；23+(3×105)；……23+105n，n 爲整數。但是在《孫子算經》中，祇列出最小的答案。

不定分析古稱"求一術"，後來又稱爲"大衍術"和"大衍求一術"。由於孫子的"物不知數"問題頗有猜謎的趣味，所以在民間流傳頗廣。到了宋元兩代，更有"鬼谷算"、"隔牆算"、"翦管術"、"秦王暗點兵"、"韓信點兵"等名稱，作爲士大夫文娛活動中的一個節目。

印度數學家如老聖使 (The Elder Āryabhaṭa, 生於公元四七六年) 也談及不定分析的問題。這種方法在印度數學中稱爲"粉碎法" (*Kuṭṭaka*)。有些學者認爲在《綫經》(*Sulva-sūtras*) 這部建築印度教的吠陀 (Vedic) 祭壇的幾何指南中，有證據顯示印度人對不定分析的興趣，可遠溯至公元前五百年和公元前四百年之間。④

約在公元四世紀前後，有另一部算經的出現，它的書名是《五曹算經》。這是一部爲地方行政人員而寫的應用算術書。全書分《田曹》、《兵曹》、《集曹》、《倉曹》、《金曹》五卷。第一卷主要討論田地面積的量法，所提供的公式，許多祇需用粗疏的近似值，甚或完全錯誤。其餘四卷的解題方法也相當簡淺，大致不超越乘法和除法的範圍。

在中國數學史上，公元五世紀是一個重要時期，如上文提到的《孫子算經》最遲也在這個時候面世。但更重要的，這個

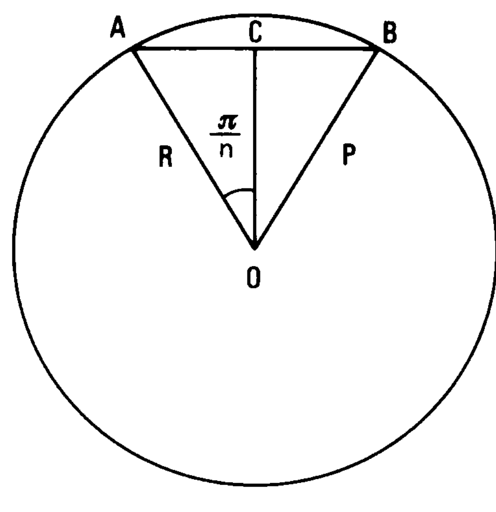
時期的數學家，正在努力爲圓周率探求精確的近似值。因爲他們的努力，使中國在圓周率的計算上，比世界各地領先了一千年。

在介紹這些數學家的成就以前，讓我們回顧一下較早期的劉徽求圓周率的方法。劉徽好像完全明白到圓內接正多邊形的周長相等於$2nR\sin\frac{\pi}{n}$（n表示多邊形的邊，R圓形的半徑），及n越大，則周長（$2nR\sin\frac{\pi}{n}$）越接近圓周$2\pi R$。

就正n邊形來說：（參圖三二）

$$\angle AOB=\frac{2\pi}{n}$$

$$\therefore \frac{1}{2}\angle AOB=\angle AOC=\frac{\pi}{n}$$



圖三二　割圓圖（一）

$$\frac{AC}{R}=\sin\frac{\pi}{n}$$

$$\therefore AC=R\sin\frac{\pi}{n}$$

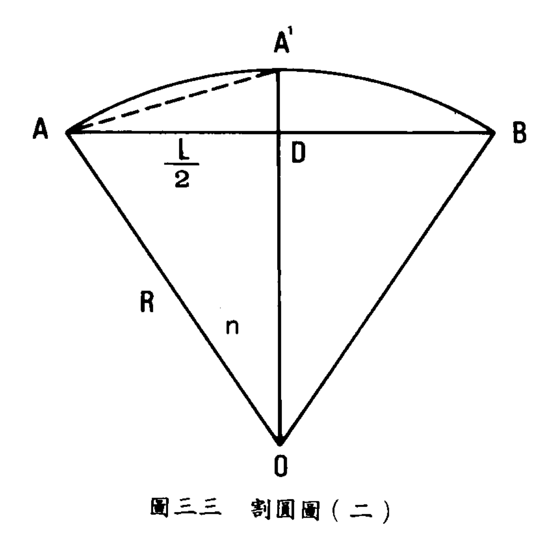
$$AB=2R\sin\frac{\pi}{n}$$

$$\therefore \text{多邊形周長}=2nR\sin\frac{\pi}{n}$$

劉徽開始時用一個六邊形計算，它的周長是$6R$。由於直徑是$2R$，π 是3，因此：

$$2\times 6\times R\sin\frac{180^\circ}{6}=12R\sin 30^\circ=12R\times\frac{1}{2}=6R$$

如圖三三，設AB爲正六邊形的一邊，由O劃$OD\perp AB$，延長OD交接圓形於A'，AA'便是內接正十二邊形的一邊。設L



圖三三　割圓圖（二）

爲AB的長度，則:

$$AA' = \sqrt{A'D^2 + (\frac{L}{2})^2}$$

$$但是 A'D = OA' - OD = R - \sqrt{R^2 - (\frac{L}{2})^2}$$

$$\therefore \quad A'D^2 = R^2 - 2R\sqrt{R^2 - (\frac{L}{2})^2} + R^2 - (\frac{L}{2})^2$$

$$\therefore \quad AA' = \sqrt{R^2 - 2R\sqrt{R^2 - (\frac{L}{2})^2} + R^2 - (\frac{L}{2})^2 + (\frac{L}{2})^2}$$

$$= \sqrt{2R(R - \sqrt{R^2 - (\frac{L}{2})^2})}$$

所以，設Ln爲圓內接正n邊形的一邊，則圓內接正$2n$邊形的一邊（即L_{2n}）如下:

$$L_{2n} = \sqrt{2R(R - \sqrt{R^2 - (\frac{Ln}{2})^2})}$$

劉徽已知圓內接正六邊形的邊長與半徑相等，他設$R = 1$，因此圓內接正六邊形的一邊是:

$$L_6 = 1$$

根據上述的方程，劉徽計出圓內接正十二邊形的一邊是:

$$L_{12} = 0.517638$$

依此推算，他求得圓內接正二十四邊形、正四十八邊形、正九十六邊形的邊長如下:

$$L_{24} = 0.261052$$

$$L_{48} = 0.130806$$

$$L_{96} = 0.065438$$

因此，圓內接正九十六邊形的周界相等：

$$96\times 0.065438=6.282048$$

$$\therefore \pi \approx \frac{6.282048}{2}\approx 3.141024$$

除了劉徽外，張衡和王蕃也取得差近的圓周率。不過在中國數學史上，圓周率研究最著名的人物是偉大的數學家祖冲之（公元四三〇年——公元五〇一年）和他的兒子祖暅之。祖冲之給圓周率兩個值，一個是$\frac{22}{7}$的“約率”，另一個是$\frac{355}{113}$或3.14159203的“密率”。後一個值一直是中國所獨有，直到十六世紀末才由安東尼宗（Adriaan Anthoniszoon）計算得同樣的值。可是，祖冲之對“密率”的精確性還未滿意，於是更進一步求取圓周率的近似值，並發現它是介乎3.1415926和3.1415927之間。在在公元一五九三年，維葉特（Vieta）所求得的圓周率也正好在上述兩數之間，但比祖冲之的發現遲了近一千一百年。⑤

祖冲之的兒子暅之對立方體內接球體和“牟合方蓋”進行研究，算得球體積等於$\frac{4}{3}\pi r^3$（r是半徑）。他們父子兩人合著的數學著作名《綴術》，因為書中的問題解法比較深奧，如唐朝的算學生要花費四年的時間去研究它，所以在公元十世紀前後便已失傳。現代學者相信祖氏父子探求圓周率的方法，在《綴術》中有詳細的解說。此外，根據後人的資料，書中大概也提及天象曆度理論中的有限差分問題。公元十一世紀時，沈括在《夢溪筆談》中提過《綴術》這部著作，但錢寶琮在《中國數學史》指出沈括並沒有看到原書，而且誤記了作者的姓名。⑥

註 釋

① L. van Hée, " Le *Hai Tao Suan Ching* de Lieou, " *T' oung Pao*, 20(1921), pp. 51-60.

② Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 3. p. 33.

③ 《孫子算經》(《天祿琳瑯叢書》本，北平、故宮博物院據汲古閣景宋鈔本，一九三一年）卷下，頁十下。

④ 參看 Samarendra N. Sen, " Study of Indeterminate Analysis in Ancient India, " *Proceedings of the Tenth International Congress of History of Science*, vol. 1, pp. 493-497.

⑤ 關於祖冲之和他的數學理論參看 Akira Kobori, " Tsu Ch'ung-chih, " *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 13(New York: Charles Scribner's Sons, 1976), pp. 484-485.

⑥ 參看錢寶琮主編:《中國數學史》(北京、科學出版社，一九八一年重版本)，頁八六。

四 《張邱建算經》及其他“算經十書”中的著作

《夏侯陽算經》和《張邱建算經》是公元五世紀中著名的數學著作。這兩部書都以作者而命名，前者是公元四二五年至四六八年間的作品，後者是公元四六八年至四八六年間的著作。

今傳本《夏侯陽算經》是北宋元豐七年（公元一〇八四年）刻的“算經十書”的一部。從序文和書中部分內容考據，它不是夏侯陽作的原本，而是公元八世紀韓延（公元七八〇年——公元八〇四年著稱）的重寫本。這部算經是一部實用算術書，內容包括百分率、開方及一些加減乘除的運算方法。作者不但沒有提出新的數學理論，而且重犯了《五曹算經》的錯誤。荷蘭學者赫師慎曾寫過一篇專題論文研究這部書。①

《張邱建算經》的篇幅較《夏侯陽算經》爲長，內容也較爲豐富和有趣。研究的範圍包括分數、相似直角三角形原理的測量法、百分率、歸謬法、聯立一次方程組、三率法、不定分析、算術、幾何等差級數及開平方、立方法等。今傳本《張邱建算經》並不是足本。書中分爲三卷，卷中和卷下都有缺頁。如今傳本卷中最尾一題（即第五十四題）是一個用開方術計算的三次方程問題，書中祇載至解法的一部分，至原書在這題下還有沒有題目，則不可而知；卷下則缺了最前兩頁，大概少了兩個問題。研究這部算經的著述者亦不少，馬來亞大學的洪天

賜還把這部書譯成英文。②

在《張邱建算經》中，有些問題的創設和解法很值得注視。如第二十三題說：

"今有女子不善織，日減功遲，初日織五尺，末日織一尺，今三十日織訖，問織幾何？

"答曰：二疋一丈。

"術曰：併初末日織尺數，半之，餘以乘織訖日數即得。

"草曰：置初日五尺，訖日一尺，併之得六，半之得三，以三十日乘之得九十尺，合前問。"③

一匹等於四丈，一丈等於四尺，九十尺即二疋一丈。根據算草，張邱建是用 $S=\frac{n}{2}(a+z)$ 的方式來算出算術級數之和，其中 S 表示和數，n 表示織訖日數，a 表示初日織數，z 表示末日織數。在《張邱建算經》之前，《九章算術》已論述過算術級數的問題。

卷下有一個題目是關於一次方程組求三個未知數的問題，引錄如下：

"今有孟仲季兄弟三人，各持絹，不知疋數。大兄謂二弟曰：'我得汝等絹各半，得滿七十九疋。'中弟曰：'我得兄弟絹各半，得滿六十八疋。'小弟曰：'我得二兄各半，得滿五十七疋。'問兄弟持絹各幾何？

"答曰：孟五十六疋；仲三十四疋；季一十二疋。"④

用現代的方法解決這個問題會是這樣的：

設 x 爲大兄所有絹的匹數，y 爲二兄所有絹的匹數，z 爲小弟所有絹的匹數。

因此得出下列三項聯立一次方程:

$$x+\frac{1}{2}y+\frac{1}{2}z=79\cdots\cdots(1)$$

$$\frac{1}{2}x+y+\frac{1}{2}z=68\cdots\cdots(2)$$

$$\frac{1}{2}x+\frac{1}{2}y+z=57\cdots\cdots(3)$$

解上述三項方程，首先把它們分別乘2，消去所有分數，即可得出:

$$2x+y+z=158\cdots\cdots(1)$$

$$x+2y+z=136\cdots\cdots(2)$$

$$x+y+2z=114\cdots\cdots(3)$$

中國古代的數學家會把各項系數用籌在算盤中按直行右、中、左次序列出如下:

左行	中行	右行		左行	中行	右行
𝍠	𝍠	𝍡		1	1	2
𝍠	𝍡	𝍠	即是	1	2	1
𝍡	𝍠	𝍠		2	1	1
𝍠𝍩𝍣	𝍠𝍫𝍥	𝍠𝍭𝍧		114	136	158
(3)	(2)	(1)		(3)	(2)	(1)

中國數學家解這組聯立方程的方法和現代用的沒有甚麼差別，爲了節省篇幅及使讀者對兩種解法容易作比較，現用阿拉伯數字代替算籌或中國數字，同時把上列籌式轉爲下列由系數構成的矩陣:

$$\left|\begin{array}{ccc}2&1&1\\1&2&1\\1&1&2\end{array}\right(\begin{array}{c}158\\136\\114\end{array}\left|\begin{array}{l}\cdots\cdots(1)\\\cdots\cdots(2)\\\cdots\cdots(3)\end{array}\right.$$

以 2 乘(2)、(3)行各項，得:

$$\left|\begin{array}{ccc} 2 & 1 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 2 & 2 & 4 \end{array}\left\{\begin{array}{c} 158 \\ 272 \\ 228 \end{array}\right|\right. \begin{array}{l} \cdots\cdots(1) \\ \cdots\cdots(2) \\ \cdots\cdots(3) \end{array}$$

以(2)行各項，減(1)行相應項；又以(3)行各項，減(1)行相應各項，得:

$$\left|\begin{array}{ccc} 2 & 1 & 1 \\ 0 & 3 & 1 \\ 0 & 1 & 3 \end{array}\left\{\begin{array}{c} 158 \\ 114 \\ 70 \end{array}\right|\right. \begin{array}{l} \cdots\cdots(1) \\ \cdots\cdots(2) \\ \cdots\cdots(3) \end{array}$$

再以 3 乘(3)行各項，然後減(2)行相應各項，則得:

$$\left|\begin{array}{ccc} 2 & 1 & 1 \\ 0 & 3 & 1 \\ 0 & 0 & 8 \end{array}\left\{\begin{array}{c} 158 \\ 114 \\ 96 \end{array}\right|\right. \begin{array}{l} \cdots\cdots(1) \\ \cdots\cdots(2) \\ \cdots\cdots(3) \end{array}$$

從 (3) 行得出 $z=\frac{96}{8}=12$

從 (2) 行得出 $3y+z=114$

把 z 值 "12" 代入，則得：

$$3y=114-12=102$$

$$故\quad y=\frac{102}{3}=34$$

從 (1) 行得出 $2x+y+z=158$

把 z 值 "12" 及 y 值 "34" 代入，則得:

$$2x+34+12=158$$

$$故\quad x=\frac{158-46}{2}=\frac{112}{2}=56$$

在《張邱建算經》以前，聯立一次方程問題已在《九章算

術》出現，如該書第八章《方程》中的第一題，問三種不同性質的禾的束數，便有下列三式：

$$x+2y+3z=26$$
$$2x+3y+z=34$$
$$3x+2y+z=39$$

《張邱建算經》卷下最後一題不定方程問題，就是歷史上有名的“百雞問題”，迻錄如下：

“今有雞翁一，直錢五；雞母一，直錢三；雞雛三，直錢一。凡百錢，買雞百隻。問雞翁、母、雛各幾何？

“答曰：雞翁四，直錢二十；雞母十八，直錢五十四；雞雛七十八，直錢二十六。

“又答：雞翁八，直錢四十；雞母十一，直錢三十三；雞雛八十一，直錢二十七。

“又答：雞翁十二，直錢六十；雞母四，直錢十二；雞雛八十四，直錢二十八。”⑤

依據問題，用現代的代數方法，設 x、y、z 爲雞翁、雞母和雞雛的隻數，立出方程如下：

$$x+y+z=100$$
$$5x+3y+\frac{1}{3}z=100$$

上述兩個方程有三個未知數，所以是不定方程組，因此本題有三組答案。

《張邱建算經》流傳到公元六世紀，得到甄鸞爲它作注。本書已提過這個著名的數學家，他除了爲《張邱建算經》作注外，還爲《周髀算經》、《九章算術》、《夏侯陽算經》及其他數書寫過注釋。他自己的著作名爲《甄鸞算術》，已告失傳，

祇有書名見錄於《隋書》。甄鸞曾爲北周制訂曆法，他本來是一個道敎徒，後來皈依佛敎，而且還攻擊道敎。可是當時北周的君主篤信道敎，甄鸞得不到信任，聲譽日漸低落。在公元六世紀時，還有一部名叫《五經算術》的數學著作，這部書的內容主要是曆法的計算，但它的作者是誰，到現在仍然議論紛紜，沒有定論。

說到這裏，讓我們扼要重述自《九章算術》面世以來到公元六世紀這段期間中國數學的發展。《九章算術》可說是這個時期數學發展的里程碑，後來大部分公元三世紀至六世紀的著作都不能超越它的範圍。唯一的例外可能是祖冲之父子的《綴術》，但這部書現已失傳，無從比較。至於《孫子算經》和《張邱建算經》，在內容方面雖比《九章算術》豐富，卻沒有加添新的理論。此外的著述不但不能和《九章算術》相提並論，甚至重複了它的錯誤，其中尤以《五曹算經》的錯誤較多。在公元六世紀的下半期，甄鸞曾把上述數學書籍作過全面的研究，並且爲它們撰寫注釋，預示了公元六世紀後期至十四世紀這個中國數學史上的黃金時代的來臨。

在公元七世紀上半期，唐代的數學家王孝通約於公元六二五年寫成《緝古算經》。王孝通在數學方面，是一個傑出的作者。他的著作中最重要的內容是修築上寬下狹、前高後卑的堤壩及供觀察天象用的平截頭角錐體形的臺。在解決這些建築問題時，作者介紹了開“帶從立方法”：

$$x^3 + px^2 + qt = A$$

雖然書中沒有詳細闡釋它的解法，但這是中國講述求三次方程最古的書。

到了公元七世紀下半期，著名的天文曆數學家李淳風等人

奉敕註釋《周髀算經》、《九章算術》、《孫子算經》、《海島算經》、《五曹算經》、《夏侯陽算經》、《綴術》、《張邱建算經》、《五經算術》、《緝古算經》十部算經。這十部算經和《數術記遺》及董泉的《三等數》成爲唐代算學生的教科書。這十二部書中,《綴術》和《三等數》先後散佚,剩下來的十部算經後來有"算經十書"之稱,歷代數學家給以註釋的頗不乏人。

註 釋

① Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 3, p. 34.

② 參看 Ho Peng Yoke, "The lost problems of the *Chang Ch'iu-chien Suan Ching*, a fifth-century mathematical manual," *Oriens Extremus* 12(1965), 37-53; 及《科技文獻輯存》,載《香港大學馮平山圖書館金禧紀念論文集》(出版中);又 Ang Tian Se, "A study of the mathematical manual of Chang Ch'iu-chien," M. A. dissertation, University of Malaya, 1969.

③ 《張邱建算經》(《天祿琳瑯叢書》本),卷上,頁二十上下。

④ 同上,卷下,頁十四上下。

⑤ 同上,卷下,頁三七上下。

五　唐宋時期的數學

除王孝通和李淳風外，唐代尚有兩位十分有名的數學家，他們就是僧一行（公元六八三年——公元七二七年）和劉孝孫。一行是密宗的高僧，俗姓張，名遂，他是公元八世紀時最偉大的天文學家，也是一位傑出的數學家。公元七二一年至七二七年間，他奉詔制訂“大衍曆”，這種曆法對後世曆法的編造影響很大。可惜一行絕大部分的著作都已散佚，其中包括《開元大衍曆法》、《長執曆》、《古今曆書》、《略例》等。一行似乎也熟諳三角函數表，他在這方面的知識大概從印度人學來的。①劉孝孫曾爲《張邱建算經》作注，並爲書中每一個問題列出“細草”（即詳細的計算方法）。他同時亦精通天文，著有《隋開皇曆》、《七曜雜術》等書。

此外，唐代還有江本、陳從運、龍受益等數學家，遺憾的是他們的著作後來全部失傳，使人無法了解到他們的生平和數學造詣。

在公元六世紀時，中國數學史上有兩件大事，值得注視：一是中國數學傳佈到日本、朝鮮等鄰近國家；一是印度的科學隨着佛教而傳入中國。公元五五四年，中國數學從朝鮮傳到日本。公元六〇七年，日本天皇遣使到中國。在以後一世紀中，日本廣設學校教授數學，所用的教科書計有《周髀算經》、《孫子算經》、《九章算術》、《綴術》、《海島算經》等，並且採

用了唐代的數學制度。因此，日本早期的數學，實深受隋唐時代中國數學的影響。

佛教在公元一世紀後半期傳入中國，印度的數學和天文曆法亦藉此而傳入。例如“七曜”這個詞，在公元二三〇年翻譯《摩登伽經》時最早在中國出現。所謂“七曜”，即日、月與火、水、木、金、土五大行星。（參表三）又如唐代編制的“七曜曆”和“九執曆”兩種曆法的名稱，可以看見它們受到印度天文學的影響。“七曜”已見前述，“七曜”加上羅睺（睺或作睺，Rāhu）和計都（Ketu）合稱爲“九執”，又稱“九曜”。印度天文學家將黃道和白道的降交點叫做羅睺，升交點叫做計都。印度占星術認爲“九執”能支配人間的禍福吉凶。在唐代，印度人瞿曇悉達把這種曆法介紹到中國來。

印度人的大數目和小數目的觀念，先後在公元四世紀及六世紀傳入中國，而零的記號在瞿曇悉達於公元七一八年至七二九年間編的《開元占經》首先出現。

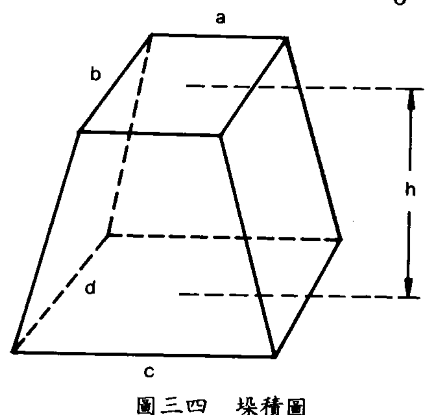
清末在甘肅敦煌石室發現一些唐代的數學著作抄本，這些卷帙現存放在倫敦的大英博物館。

表三　七曜稱謂表

七曜名稱	中國古稱	現代名稱	印度名稱
日曜	太陽	太陽	*Aditya*
月曜	太陰	月亮	*Soma*
火曜	熒惑	火星	*Aṅgāraka*
水曜	辰星	水星	*Budha*
木曜	歲星	木星	*Brhaspati*
金曜	太白	金星	*Śukra*
土曜	鎮星	土星	*Śanaiścara*

公元九至十世紀間，可說並沒有著名的數學家，但到了十一世紀下半期，卻出現了偉大的科學家沈括。沈括在公元一〇八六年完成舉世聞名的《夢溪筆談》，其中涉及到代數和幾何的問題。在書中第十八卷《技藝》的第四條，沈括提到了“造微之術”。在體積方面，他創立了“隙積術”。“隙積”的意思是體積中有空隙。沈括說累棋、層壇及酒家積罌等，它們的四面好像都是斷絕，其實外面有刻缺，內面也有虛隙，如果用求“芻童”（即長方臺）體積的方法來計算，便不能準確。因此，他提出了下列垜積公式，補救這方面的缺點：（參圖三四）

$$V=\frac{h}{6}\left[(2c+d)a+(2d+b)c\right]+\frac{h}{6}(c-a)$$

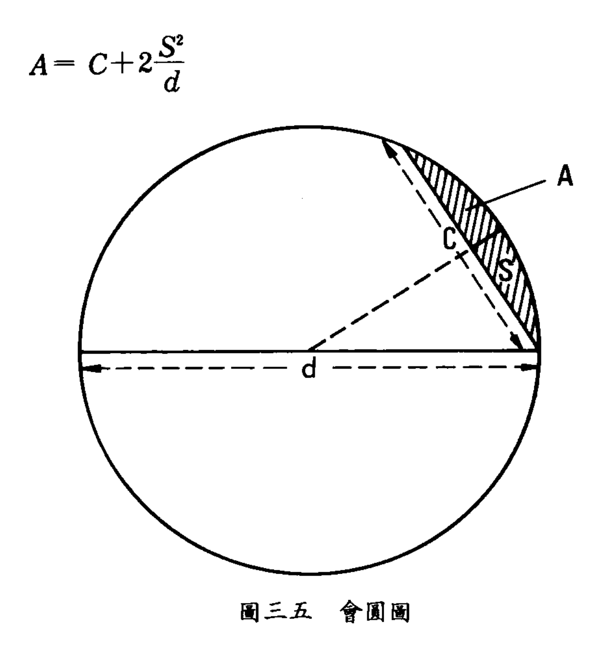


圖三四　垜積圖

這就是“隙積術”，亦即二階等差級數的求和法。

在面積方面，沈括講到“拆會之術”。他似乎已知道分割成的單元愈小，就愈能精確地求出該物體的體積或面積。同時他受到劉徽的“割圓術”影響，又應用“再割”這個術語。沈括提出用圓的直徑及弦和矢的長度求弓形面積的公式如下：（參圖三五）

$$A = C + 2\frac{S^2}{d}$$



圖三五　會圓圖

這就是沈括創立的“會圓術”。在此之前，中國數學家祇引用劉徽的 $A = \frac{1}{2}(sc + s^2)$ 的公式。沈括的“會圓術”公式不但比劉徽的“割圓術”公式爲準確，而且直到兩個多世紀後郭守敬（公元一二三一年——公元一三一六年）提出下面的公式以前，沒有人能夠超越：

$$d^2\left(\frac{A}{2}\right)^2 - d^3 s - (d^2 - Ad)s^2 + s^4 = 0$$

沈括創立的數學理論無疑是微元法和窮竭法的開端，祇可惜它們沒有發展到微積分的科學上去。

印刷術於公元八世紀在中國開始，到了十一世紀末，即沈括的時代，“算經十書”便刊行。在公元一〇七八年至一〇八五年，一一三一年至一一六二年及一一七八年至一一八九年幾

個期間，很多數學著作相繼面世，可惜除了“算經十書”外，其餘的都先後散佚。十三世紀偉大的數學家楊輝曾徵引過部分著作，其中有《議古根源》、《指南算法》、《應用算法》、《賈憲九章》等書。在這些已失傳的著作中，有一部名爲《盤珠集》，大概是一部早期的珠算著作。

劉益和賈憲都是這時期著作失傳的數學家。劉益的著述被十三、十四世紀的數學家大量徵引，其中一部就是上面提過的《議古根源》。這書約在公元一〇八〇年刊行於世，書中有一個解二次方程的方法，與十九世紀初英國數學家霍納（William George Horner，公元一七八六年——公元一八三七年）和意大利數學家魯菲尼（Paolo Ruffini，公元一七六五年——公元一八二二年）的三次方程解法相同。後來楊輝在《田畝比類除捷法》中徵引劉益的解法，並加以詳細的解說。這種方法被稱爲“帶從開方”。②劉益的方法大概也影響到其他十三世紀的數學家如秦九韶（公元一二〇二年——公元一二六一年）、③李冶（公元一一九二年——公元一二七九年）、④朱世傑⑤等。劉益雖然對後世的數學家影響頗大，可是我們除了知道他是中山人外，他的生平事蹟一概不詳。

說到開立方的方法，必定會提到賈憲。他以研究高次方程的數值解法而聞名，而且有傑出的貢獻。據楊輝所著的《九章算法纂類》記錄，賈憲創有“立成釋鎖方法”、“增乘開平方法”、“立成釋鎖立方法”、“增乘（開立）方法”四種開方的方法。所謂“立成”是指算表，“釋鎖”是指開方或解數字方程。和劉益一樣，我們知道賈憲的生平很少，祇知道他是開封曆算學家楚衍的學生。楚衍在十一世紀中葉曾任司天算，時人推爲“近世司天算之首”。除曆法外，楚衍也精通《九章算

術》、《緝古算經》、《綴術》和《海島算經》等書。至於賈憲，他著有《算法斆古集》、《黃帝九章算法細草》等書，可惜它們很早已散佚了。

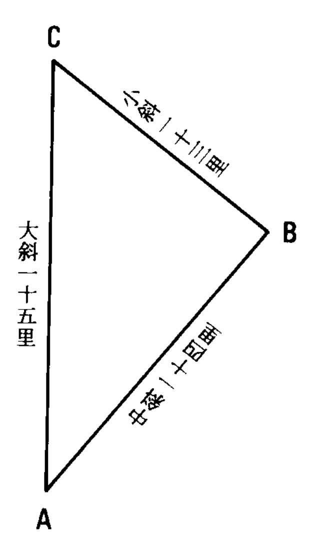
到了宋末元初，即公元十三世紀下半期至十四世紀初，中國數學的發展到達了顛峯。幾個同時代的數學家撰寫了中國數學史上最輝煌的著作。首先出現的是秦九韶的《數書九章》。薩頓（George Sarton）認爲："秦九韶在中華民族中，是他的時代以至一切時期最偉大的數學家之一。"⑥雖然秦九韶的著作也分爲九章，但和漢代的《九章算術》的分類並不相同。《數書九章》中最主要的成就，是高次方程的數值解法。書中所用的方法稱爲"玲瓏開方"，這種方法是規定"實常爲負"，使開方式成爲一個等於 0 的多項式。秦九韶解三次及高次數字方程的方法，在五個半世紀後才被霍納和魯菲尼重新發現。現徵引書中一個典型的例子如下，以見一斑：

"問沙田一段有三斜，其小斜一十三里，中斜一十四里，大斜一十五里，里法三百步，欲知爲田幾何？

"答曰：田積三百一十五頃。

"術曰：以少廣求之，以小斜冪併大斜冪減中斜冪（按：即 $a^2+b^2-c^2$）。餘半之，自乘於上（按：即 $\left(\frac{a^2+b^2-c^2}{2}\right)^2$）。以小斜冪減上餘，四約之爲實（按：即 $\frac{1}{4}\left[a^2b^2-\left(\frac{a^2+b^2-c^2}{2}\right)^2\right]$，實即籌算盤的第二行），一爲從隅。開平方得積。"⑦（參圖三六）

書中還劃出圖解和詳列計算的每一項步驟，爲方便讀者明白，現用代數的方式把各項步驟列出來：



圖三六　《數書九章》中田積圖

$13^2=169$　（即 a^2）

$15^2=225$　（即 b^2）

$169+225=394$　（即 a^2+b^2）

$14^2=196$　（即 c^2）

$394-196=198$　（即 $a^2+b^2-c^2$）

$198\div 2=99$　（即 $\frac{1}{2}[a^2+b^2-c^2]$）

$99^2=9801$　（即 $[\frac{1}{2}(a^2+b^2-c^2)]^2$）

$169\times 225=38025$　（即 a^2b^2）

$38025-9801=28224$　（即 $a^2b^2-[\frac{1}{2}(a^2+b^2-c^2)]^2$）

$$\frac{28224}{4}=7056 \qquad (\text{即}\frac{1}{4}[a^2b^2-(\frac{a^2+b^2-c^2}{2})^2])$$

設 A 爲面積, s 爲 $\frac{1}{2}(a+b+c)$, 上列最後的答案即是下面的算式:

$$A^2=s(s-a)(s-b)(s-c)$$

而三角形的三邊爲 a、b、c, 它的面積可用下面的算式計算:

$$A=\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

秦九韶便會用"玲瓏開方"的方法解 $A^2-7056=0$ 這個方程, 求出上列算式的平方根。

註　釋

① 關於一行的生平和著作, 參看 T. S. Ang, "I-Hsing(683-727A.D.): His Life and Scientific Work", Inaug. diss., University of Malaya, 1979.

② 參看 Ho Peng Yoke, "Yang Hui, Thirteenth-century Chinese Mathematician", *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 14 (New York: Charles Scribner's Sons, 1976), pp. 538-546; 及 Lam Lay Yong, *A Critical Study of the Yang Hui Suan Fa* (Singapore: University of Singapore Press, 1977)。

③ 參看 Ho Peng Yoke, "Ch'in Chiu-shao, Thirteenth-century Chinese Mathematician", *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 3. (New York: Charles Scribner's Sons, 1971), pp. 249-256; 及錢寶琮: 《秦九韶〈數書九章〉研究》, 載《宋元數學史論文集》(北京、科學出版社, 一九六六年), 頁六〇至一〇三; 及 Ulrich Libbrecht, *Chinese Mathematics in the*

Thirteenth Century: The Shu-shu Chiu-chang of Ch'in Chiu-shuo (MIT East Asian Science Series, vol. 1, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1973)。

④ 參看 Ho Peng Yoke, " Li Chih, Thirteenth-century Chinese Mathematician" , *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 8(New York: Charles Scribner's Sons, 1973), pp. 313-320; Ho Peng Yoke and Chan Hok-lam, " Li Yeh" , *Yuan Biographies* (in press); 及梅榮照:《李冶及其數學著作》, 載《宋元數學史論文集》, 頁一〇四至一四八。李冶原名李治, 因唐高宗名李治, 所以改爲李冶, 詳繆鉞:《李冶與李治釋疑》,《東方雜誌》, 第三九卷十六期, 一九四三年十月, 頁四一。

⑤ 參看 Ho Peng Yoke, " Chu Shih-chieh, Thirteenth- century Chinese Mathematician" , *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 3, pp. 265-271; 及杜石然:《朱世杰研究》, 載《宋元數學史論文集》, 頁二一〇至二二四。

⑥ George Sarton, *Introduction to the History of Science*, vol. 3 (Baltimore: Williams & Wilkins, 1947), p. 138.

⑦ 秦九韶:《數學九章》(《四庫全書珍本别輯》本, 台灣、商務印書館, 一九七五年), 卷三上,《田域》, 頁十四下。

六　中國數學的黃金時代

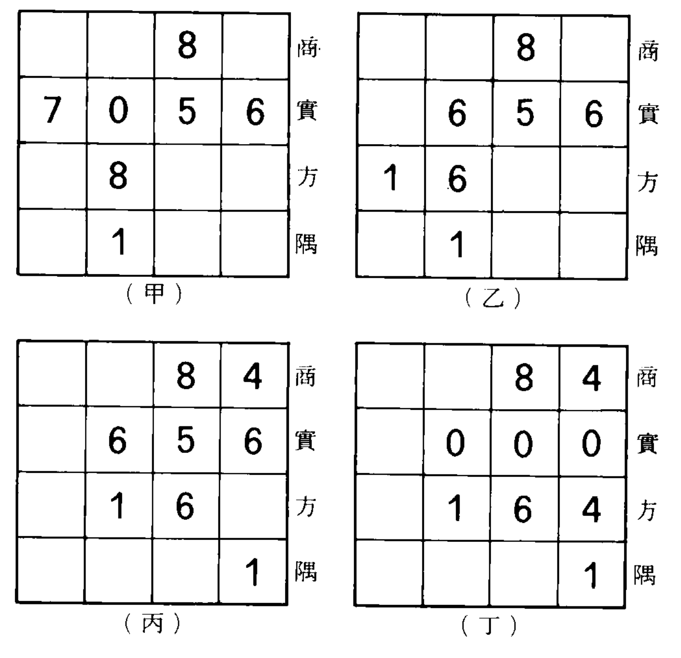
在十一世紀至十三世紀三百年間，增乘開方法的演進是中國數學史上的重大成就，現以上章秦九韶用“玲瓏開方”來解 $x^2-7056=0$ 這個方程求7056的平方根爲例，看看宋元數學家的研究成果。在闡述上列方程的解法前，先叙述秦九韶對二次方程的表示法。秦氏沿用中國傳統開方中所用的列籌方法，把常數列在第二排，稱爲“實”；把開方所得的結果列在第一排，稱爲“商”；把開方根列在第三排，稱爲“方”；最低一排列最高次冪未知數的系數，稱爲“隅”。

關於 $x^2-7056=0$ 這個二次方程，《數書九章》的解法如下：

“……七千五十六里爲實，以一爲隅（按：原誤作‘以爲一隅’），開平方以隅超步爲一百。乃於實上商置八十，以商生隅，得八百爲從方。乃命上商除實，餘六百五十六。又以商生隅，入方得數退一位，爲一百六十。隅退二位爲一，乃於實上續商四。里生隅，入從方，內得一百六十四。乃命續商除實適盡，所得八十四里爲田積，其形長八十四，廣一里。以里法三百步自乘，得九萬步；乘八十四里，得七百五十六萬步。步以畝法二百四十除之，得三萬一千五百畝；又以頃法一百畝，約之得三百一十五頃。”①

這段文字並不容易理解，今以現代語簡述如下：

“把常數7056放在第二排（‘實’），把未知數x的系數 1 放在第四排（‘隅’）的百位。（由於$80\times80=6400$，亦即最接近而小於7056的平方），列 8 在第一排（‘商’）的十位。用‘隅’的 1 乘 8，得 8，因爲 1 是百位，所以將 8 寫在第三排（‘方’）的百位中。（參圖三七〔甲〕）以 8 乘 800 得‘上商’，即 6400。用‘實’減‘上商’（即 $7056-6400$），餘 656。又以‘隅’的 1 乘‘商’的 8，得 8；加上‘方’的 8，得 16。（參圖三七〔乙〕）把‘方’的 16 向右移一位，數值爲 160；又將‘隅’的 1 向右退兩



圖三七 《數學九章》二次方程解法圖

位。（參圖三七〔丙〕）接着在‘商’的個位列4，又把它乘‘隅’的1，再將乘積4寫在‘方’的個位中，使‘方’的數變爲164。繼續這個步驟，‘實’的數便被消去（即以4乘164，然後以656減去積），這樣便得出田地面積的答案84（方）里。換言之，田地的長度爲84里，闊度爲1里。（參圖三七〔丁〕）

“由於1里＝300步，以300步自乘，得90,000（方）步，再乘84（方）里，田地的面積即是7,560,000（方）步。其次1畝＝240（方）步，用240（方）步除面積，得31,500畝。最後，1頃＝100畝（按：有時是$12\frac{1}{2}$畝），以100畝除31,500畝，得出315頃的答案。”

我們現在計算面積時，必標明“方”或“平方”等字眼，以免發生混淆，可是在中國古代或中古時代提到土地面積時，所用的單位沒有特別說明。因此“五十尺”有時亦指“五十方尺”，我們必須根據內容才知道它的意思。

上述$x^2-7056=0$的解法，與現代求7056平方根的方法頗爲相同。用高次方程求根的近似值，可說是中國數學最具代表性的貢獻。這個方法發展到十三世紀下半期達到了高峯。王鈴和李約瑟認爲這種方法的要素在《九章算術》已露端倪，可見它或可追溯到公元前一世紀的時候。而三上義夫最先指出，就算這種方法最早的形式，也已經類似在歐洲方面於十九世紀初由魯菲尼和霍納先後在公元一八〇二年和一八一九年所創的方法。[②]秦九韶的《數書九章》共有八十一個問題，有二十一個問題是用方程來解的。在這些問題中，有五個超過三次方程，當中四次方程有四個，十次方程有一個。在四個四次方程中，

有一個是這樣的:

$$-x^4+763,200x^2-40,642,560,000=0$$

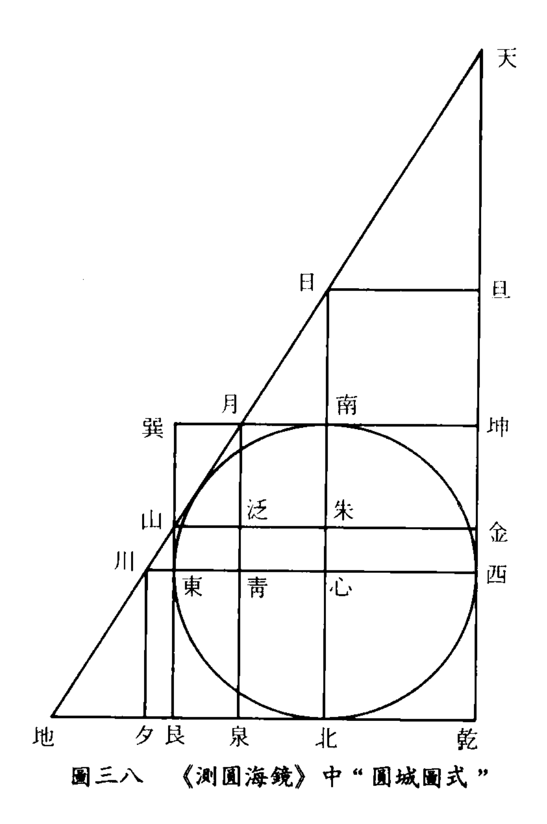
在歐洲，霍拿尼（Ferrari）於十六世紀最先能解下列的四次方程:

$$x^4+6x^2+36=60x$$

並於一五四五年在他的老師卡丹(Jerome Cardan)的巨著《大法》（*Ars Magna*）發表行世。卡丹是當時的數學天才，他和另一位傑出的數學家塔塔格利亞（Tartaglia）也試圖解決這個方程，卻同樣感到束手無策。但秦九韶對高次方程則能應付裕如，而且可以解到高達十次的。除高次方程解法外，《數書九章》其他內容也很有價值，如它是最早記錄零的符號的中國書籍，又如書中對“大衍求一術”（即不定分析）有詳細的解說。

約與秦九韶同時，中國有另一位偉大的數學家，他的名字是李冶。他在公元一二四八年撰成《測圓海鏡》，次年又完成《益古演段》，以後又著有其他數學著作。但他感到自己的著作，除《測圓海鏡》外，對後人沒有多大貢獻，所以在臨終時命兒子將其他著作全部焚燬，其中祇有《益古演段》逃過厄運。

《測圓海鏡》全書十二卷，共一百七十個問題，它們都是用已知直角三角形三邊上各個綫段而求內切圓、傍切圓的直徑之類的問題。這書的開端列出一張“圓城圖式”，是一個直角三角形內接圓圖，圖中有兩條圓的直徑平行三角形的兩邊，又有兩條正切平行三角形其中三邊，這樣圖中便有十五個直角三角形。(參圖三八)書中一百七十個問題都和這個“圓城圖式”有關。李冶並列十五個直角三角形邊長的算式及十個圓形的直徑與這些三角形的底、高和斜綫相關的公式。他接着又提出圖

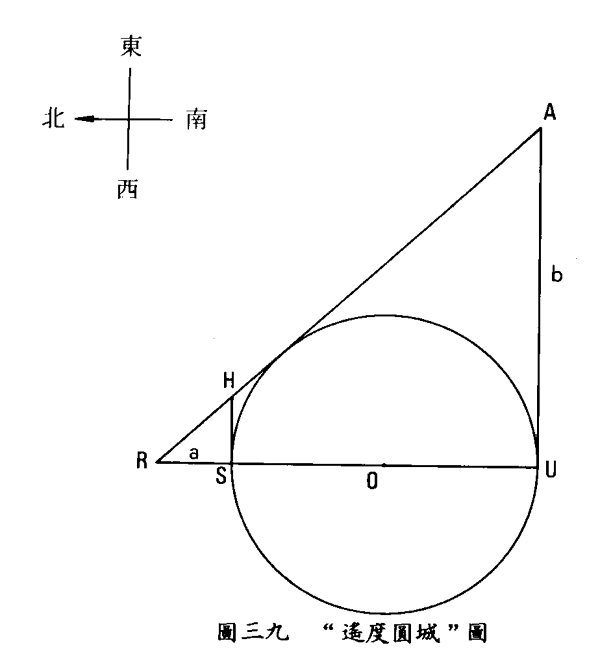


圖三八　《測圓海鏡》中“圓城圖式”

中兩個梯形平行的兩邊和圓形直徑的關係，及用圖中一個三角形的已知高度和另一個三角形已知的底求圓形的直徑，最後又根據兩個已知三角形的底求出圓的直徑。

李冶透過對圓形和直角三角形的性質的認識，便能輕易算出許多困難的問題。例如，秦九韶《數書九章 · 測望》中有“遙度圓城”一題:

> “有圓城不知周徑，四門中開，北外三里有喬木，出南門便折東門，九里乃見木。欲知城周、徑各幾何？”③



圖三九 “遙度圓城”圖

設 x 爲城牆直徑， a 爲喬木至北門的距離，b 爲出南門以後的路程，秦九韶用下列十次方程計算這個問題:

$$x^{10}+5ax^{8}+8a^{2}x^{6}-4a(b^{2}-a^{2})x^{4}-16a^{2}b^{2}x^{2}$$
$$-16a^{3}b^{2}=0$$

在《測圓海鏡》第三卷第四題，李冶則用一個比較簡單的方法。如圖三九，他把這個問題作爲一個圓形的圓心O落點在直角三角形ARU的底邊RU上，而弦觸該三角形的AR、AU兩邊這個例子進行計算。以三角形ARU及HRS爲據，設邊AU爲b，邊RS爲a，圓的直徑爲x，底邊RU爲$a+x$，李冶就ARU及HRS這兩相似三角形得出HS的值如下:

$$\frac{ab}{a+x}=HS$$

在此之前，李冶已就已知的兩邊 AU 及 HS，列出圓的半徑 (r)的公式，即：

$$\sqrt{AU\times HS}=r$$

因此，直徑 $x=2r=2\sqrt{AU\times HS}=2\sqrt{\frac{ab^2}{a+x}}$

$$x^2=\frac{4ab^2}{a+x}$$

由此得下面的三次方程：

$$x^3+ax^2-4ab^2=0$$

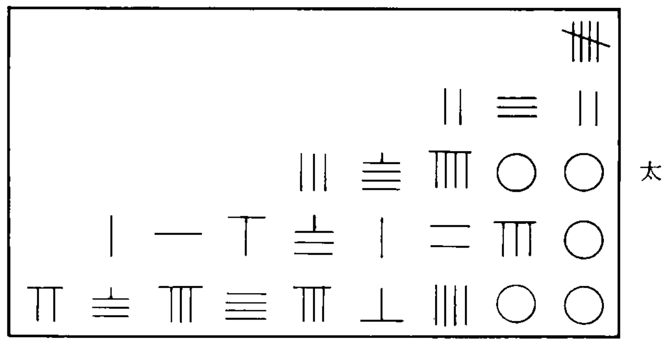
這樣李冶便用三次方程求出答案，而不像他同時代的秦九韶用十次方程解法。事實上，在《測圓海鏡》中，李冶絕少用四次方程，書中大部分的祇是三次或兩次方程。

李冶介紹了一種名爲“天元術”的代數方法立任何高次方的方程。可是自公元十四世紀的朱世傑以後，這種方法漸漸在中國式微，在以後二、三百年間竟無人通曉，直到十七世紀耶穌會教士傳入西方代數後，十八世紀的中國數學家才認識到“天元術”。同時“天元術”漸漸傳到日本，而且對日本的數學有深遠的影響，並使該國數學家關孝和發展出一條無限擴展公式。這條公式現在是據微積分的無窮小量求和法求得的。然而，李冶並非“天元術”的始創人。據祖頤在朱世傑《四元玉鑑》的序文說，在李冶之前，蔣周的《益古集》、李文一的《照膽》、石信道的《鈐經》、劉汝鍇的《如積釋鎖》等書中已經提及，而元裕的《如積釋鎖細草》更詳細講解這種方法。此外，據朱世傑所載，除上述數人外，李冶的摯友元好問（公元一一九〇年——公元一二五七年）對“天元術”也有深入的研究。雖然是這樣，上述有關“天元術”的著作都已散佚，而《測圓

海鏡》是目前有傳本的唯一著作，也是現存最早關於"天元術"的紀錄，它的重要性毋庸致疑。

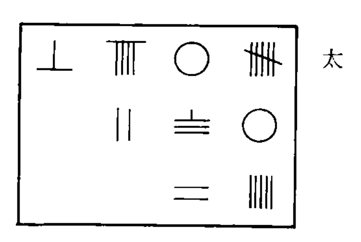
"天元術"代表一個任何次方的未知數的數字代數方程。"天元"或"元"就是表示未知數一次冪項的符號（即 x），"太"表示常數項。在李冶的時候，"天元式"的表示有所謂"古法圖式"和"今法圖式"兩種。在《測圓海鏡》中，方程是排列在直立的空欄內，未知數（"元"）的第一次冪項置在常數（"太"）之上；在前者之上，按升冪式的次序排列未知數的其他次冪項；而負次冪或倒數則按降冪式的次序接在常數項下面。如圖四十，就表示下列方程的排列方式:

$$-4x^2+232x+39900+11681280x^{-1}$$
$$+788486400x^{-2}=0$$



圖四〇　《測圓海鏡》所列高次方程圖

這種排列次序是根據當時的"古法圖式"。後來在《益古演段》中，李冶又採用了"今法圖式"，就是將常數（"太"）和未知數（"元"）的次序倒轉，換言之，未知數的次冪排列在常數之下，而倒數放在常數的上面。因此，在《益古演段》中，$25x^2+280x-6905=0$ 這個方程的排列方式如圖四一。



圖四一　《益古演段》所列高次方程圖

《測圓海鏡》所用有關高次方程的名稱成爲日後中國數學的術語。以下列高次方程的一般算式爲例:

$$ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g=0$$

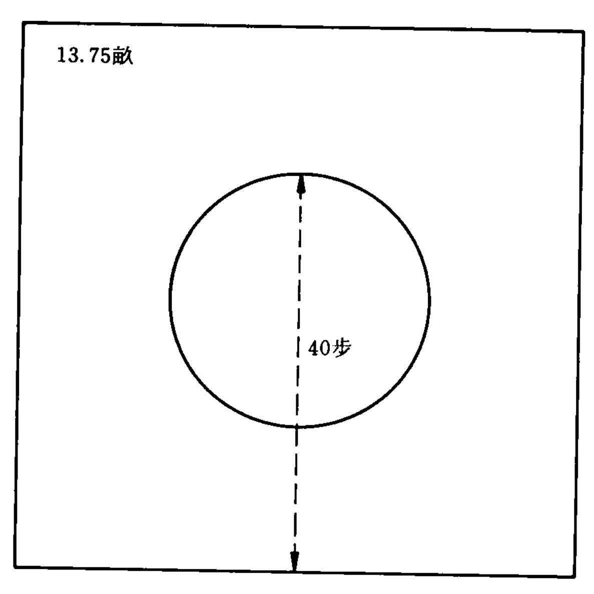
常數項 g 稱爲“實”。準確些來說，常數在一次方程中稱爲“平實”，二次方程中稱爲“方實”，三次方程中稱爲“二乘方實”，四次方程中稱爲“三乘方實”，五次方程中稱爲“四乘方實”，六次方程中稱爲“五乘方實”。最高次冪未知數的系數稱爲“隅”、“隅法”或“常法”，最低次冪未知數的系數稱爲“從”或“從方”；兩者之間的系數則稱爲“廉”，而自低至高稱爲“第二廉”、“第三廉”，如此類推下去。上述有關未知數的名稱祇適合於正數，如果是負數，則在這些名稱前加上“益”或“虛”字。

《益古演段》最初收入公元一四〇七年編成的《永樂大典》，後來又收入《知不足齋叢書》、《白芙堂算學叢書》、《四庫全書》、《叢書集成初編》內，又曾由赫師愼譯成法文。《益古演段》分爲上、中、下三卷，共有六十四個問題。現以第二個問題爲例，看看這書的內容:

“今有方田一段，內有圓池，水占之外，計地一十三畝七分半，並不記徑面，只云從外田南楞通內池北楞四十步。問內圓外方各多少？

“答曰：同前。（按：即‘外田方六十步、內池徑二十步’。）

“法曰：立天元爲池徑，減倍通步，得 ≐○太 〡 （原註：按此即八十步少一圓徑）。爲田方面以自增乘，得 ⊥〣○○太 〡⊥○ （原註：按此即六千四百步，少一百六十，徑多一平方），爲方田積於頭。又以天元池徑自之三因四而一得 ○太 ○ ○〦≣ （原註：按此即百分平方之七十五）爲池積。以減頭位，得 ⊥〣○○太 〡⊥○ ○〢≣ （原註：按此即六千四百步，少一百六十，徑多二分半平方），爲一段虛積寄左。然後列眞積三千三百步與左相消，得 ≡〡○○ 〡⊥○ ○≡〣（原註：按此即三千一百步，與一百六十，徑少二分半平方等）。開平方得二

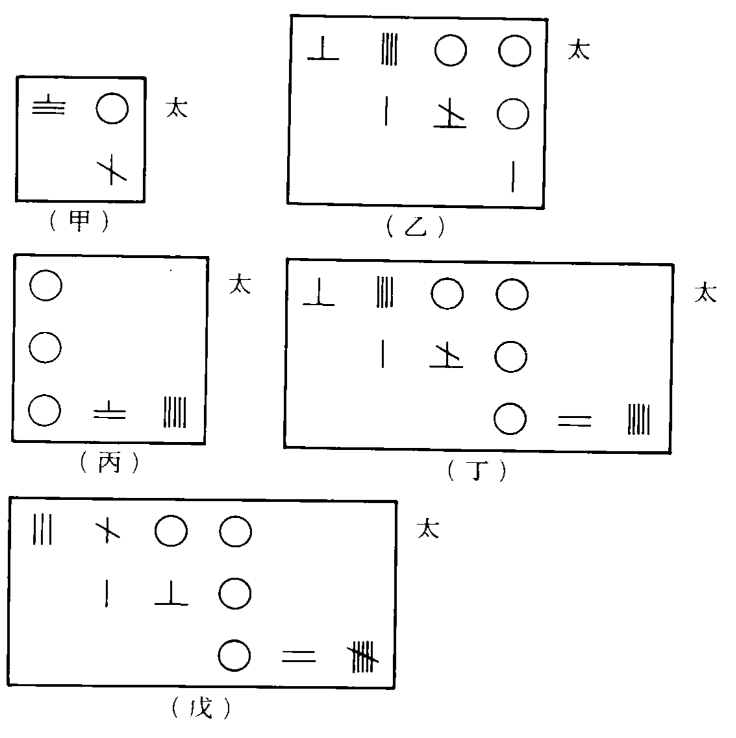


圖四二 《益古演段》中“方田圓池”圖

十步，即內池徑也，倍通步內，減池徑爲方面也。”④這段文並不容易理解，而且所列各數的值並不對稱，所以不厭其煩，意譯如下：

“立一根籌爲‘天元’，代表池的直徑，用兩倍‘通步’（即方田的南邊至池的北邊的距離）（參圖四二）來減池的直徑，便得出方田的面積如圖四三〔甲〕。（換言之，設 x 爲池的直徑，方田的邊長 $=80-x$）。

“把方田的邊長自乘，方田與池合共的面積便如圖四



圖四三 “方田圓池”題解法圖

三〔乙〕。(換言之,$(80-x)^2=1600-160x+x^2$)。

“把‘天元’(亦即池的直徑)自乘,然後再乘 3 和除 4,便得池的面積如圖四三〔丙〕。(換言之,設 $\pi=3$,池的面積$=\frac{3}{4}x^2=0.75x^2$)。

“以方田與池合共的面積減去池的面積,得方田的面積如圖四三〔丁〕。(換言之,方田的面積是$1600-160x+x^2-0.75x^2=6400-160x+0.25x^2$)。

“把上述方田虛面積放在左面,把問題給出方田的眞面積3300(方)步放在右面,便能列出圖四二〔戊〕的方程。(換言之,把問題中所列方田面積和上述以代數方法列出的面積立下面的方程:

$$6400-160x+0.25x^2=3300$$

即 $3100+160x-0.25x^2=0$)

“用開方的方法解上述方程,‘天元’(即未知數)爲二十步,即是池的直徑。用兩倍‘通步’的距離(即80步,詳本譯文第一段),減去池的直徑,得60步,這就是方田的邊長。(換言之,$x=20$,因此 $2\times40-x=60$)。”

把李冶和秦九韶這兩位同時代的數學家加以比較,是一件十分有趣的事。秦九韶的《數書九章》在公元一二四七年完成,比《測圓海鏡》成書早一年。李冶活在金元統治下的北方,秦九韶則是南宋人,他們在著作中從未提過對方,可見大抵互不風聞。他們雖然同樣對“天元術”有很大的貢獻,但所用有關高次方程的術語祇是相近而不是完全相同,就如“天元”一詞的含意,李冶指一個方程的未知數值(x),而秦九韶卻當作一個已知數,並且從未在解數字方程時用過這個名稱。其次,

《數書九章》和《測圓海鏡》兩書的體例也不同。秦九韶雖然詳述數字方程的解法的步驟，但沒有敘述到這些方程是怎樣從問題中所列出的資料構設而成。李冶卻用代數的方式，詳述各種方程的立法，但很少解說計算的方法，因此薩頓認爲他基本上是一個代數學家。

註 釋

① 秦九韶：《數書九章》，卷三上，《田域》，頁十五下至十六上。
② Needham, *Science and Civilisation in China*, vol.3, p.126.
③ 《數書九章》，卷四上，《測望》，頁二四下。
④ 李冶：《益古演段》（《四庫全書珍本別輯》本，台灣、商務印書館，一九七五年），卷上，頁二下至三下。

七　中國數學史上黃金時代的結束

敘述過秦九韶和李冶的數學成就後，現在談談楊輝。他是南宋末期的數學家，對數學的興趣相當廣泛，而且有很大的貢獻。

公元一二六一年，楊輝撰成《詳解九章算法》十二卷，現時所傳有《宜稼堂叢書》本，但不是全本，而且在編排方面頗有錯亂。《永樂大典》中也載有原書的殘篇，兩者可互相補充。據楊輝的自序，這書取《九章算術》二百六十四個問題中的八十個進行詳解，而且在"九章"之外，添上三卷，即卷首《圖》、卷十《乘除》及卷末《纂類》。《纂類》卷中載有現存世界上最古的"巴斯噶三角形"（Pascal Triangle）圖（參圖四四）。在歐洲，這個圖最早出現在阿皮亞尼（Petrus Apianus）於公元一五二七年出版的《算術》（*Arithmētique*）的封面上。但這個圖在巴斯噶的《算術三角形》（*Traitè du Triangle Arithmètique*，公元一六五四年成書，一六六五年出版）中才得到完善的研究，所以這種三角形陣列以巴斯噶的名字命名。據楊輝指出，《詳解九章算法》所列的三角形圖象是從賈憲（公元一一〇〇年前後著稱）的《釋鎖算書》迻錄過來的，所以它在中國的歷史還要推遠些。

楊輝在公元一二六一年又著有《詳解算法》若干卷，詳述乘除方法。次年著有《日用算法》二卷，以秤、斗、尺、田作

圖四四　《詳解九章算法·纂類》中“巴斯噶三角形”圖

爲問題，用詩詞歌訣的形式講述四則運算。上述兩書已失傳，部分問題見錄於《永樂大典》中。

上面提到的三部書，是楊輝早期的著作。十多年後，他又著有《乘除通變算寶》三卷（公元一二七四年）、《田畝比類乘除捷法》二卷、《續古摘奇算法》二卷（公元一二七五年）。這三部後期的著作合稱《楊輝算法》，到了公元一三七八年由

古杭勤德書堂合刊行世。

《乘除通變算寶》上卷稱爲《算法通變本末》，講解乘除方法；中卷和書名一樣，稱爲《乘除通變算寶》，講述加、減、求一、九歸等方法；下卷爲《法算取用本末》，是中卷的注脚。

公元一二七五年，楊輝讀到了劉益的《議古根源》，深深被這書吸引着，因而撰寫了《田畝比類乘除捷法》。這書上卷以介紹長方形田地面積求法爲開端，並把它引伸到和重量、長度、體積、金錢兌換等有關的問題。這些問題顯示長方形四邊的長度尺寸，可以當作"符號字"來使用，因此楊輝無疑是向現代代數學上的記號系統邁進。楊輝又有高度發展的小數觀念，並且爲各位小數定下專用名稱。事實上，他擅長處理小數和分數之間的問題，用反商乘法來簡化除法，並且避免一般分數而用十進小數。書名中的"捷法"二字相信就是指上述及其他由他所創的簡便算法。楊輝在書中用過三個不同的圓周率值，它們是 $\pi=3$、$\pi=\frac{22}{7}$ 及 $\pi=3.14$。上卷其他的內容還有圓環域、等腰三角形、梯形及算術級數的問題。楊輝對算術級數的興趣，是其他同時代數學家少有的。他以有正方形或圓形横切面的箭束作爲例子，列出級數求和的公式如下：

$$1+(1+2)+(1+2+3)+\cdots\cdots+(1+2+3+\cdots\cdots+n)$$

$$=\frac{n}{6}(n+1)(n+2)$$

$$1^2+2^2+3^2+\cdots\cdots+n^2=\frac{1}{3}n\left(n+\frac{1}{2}\right)(n+1)$$

下卷載有最早期二次方程解法的說明。例如求解：

$$x^2+12x=864$$

這類方程是用“帶從開方”法。（按：“帶從”字面的意思是在旁邊附加一個長方形。）至於解：

$$x^2 - 12x = 864$$

這類方程，楊輝會用“益積開方”法；或“減從開方”法。（按：“益積”即增加面積，“減從”即減去旁邊的長方形。）最後，求解較大根值的方程如：

$$-x^2 + 60x = 84$$

這類方程，他會用“飜積”（按：即倒轉面積）這種方法。①

上述以幾何學的方式講述二次方程的解法頗具吸引力，楊輝用幾何方法來解二次方程顯示這些方法是從幾何學衍生出來。負冪的問題也在下卷討論之列，而其中的解法和五個半世紀後霍納的方法十分相近。楊輝又提到劉益和賈憲等提出的$x^4 = C$類型方程的解法，以及列出兩根之和或兩根之差的二次方程，如下列的方程，就是一例：

$$(x+y)^2 = (x-y)^2 + 4xy$$

由此而得出一般正根的公式如下：

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{-4ac}}{2a}$$

中國的二次方程解法比較西方的方法爲靈活。楊輝又用“三乘方”的方法，示範解下列四次方程：

$$-5x^4 + 52x^3 + 128x^2 = 4096$$

他的方法和霍納與魯菲尼的十分接近。

下卷其餘部分還討論到面積分割法，包括長方形、等腰三角形、梯形及圓環域分別從較大的同形面積分割出來。

至於《續古摘奇算法》，並不是楊輝自著，而是編輯成書。

公元一二七五年，楊輝的朋友劉碧澗與丘虛谷請他搜集古代算經中奇難罕見的問題，於是他把搜得的問題編成三卷，就是現在所見的《續古摘奇算法》。

這書的內容頗爲蕪雜，體例和他自著的書不同。全書最惹人注視的是討論"縱橫圖"（即幻數圖）的部分，這也是"縱橫圖"這個名稱的第一次出現。書中除列出構設三行式和四行

4	9	2
3	5	7
8	1	6

4	9	5	16
14	7	11	2
15	6	10	3
1	12	8	13

圖四五　《續古摘奇算法》中三行及四行幻數圖

46	8	16	20	29	7	49
3	40	35	36	18	41	2
44	12	33	23	19	38	6
28	26	11	25	39	24	22
5	37	31	27	17	13	45
48	9	15	14	32	10	47
1	43	34	30	21	42	4

圖四六　《續古摘奇算法》中七行幻數圖

式幻數圖（參圖四五）的方法外，還列舉了由五行式至十行式幻數圖的例子，圖四六便是七行式的圖例。楊輝並引錄了“河圖”、“洛書”的圖式，影響到明代數學家把它們視爲數學之起源而大加發揮。

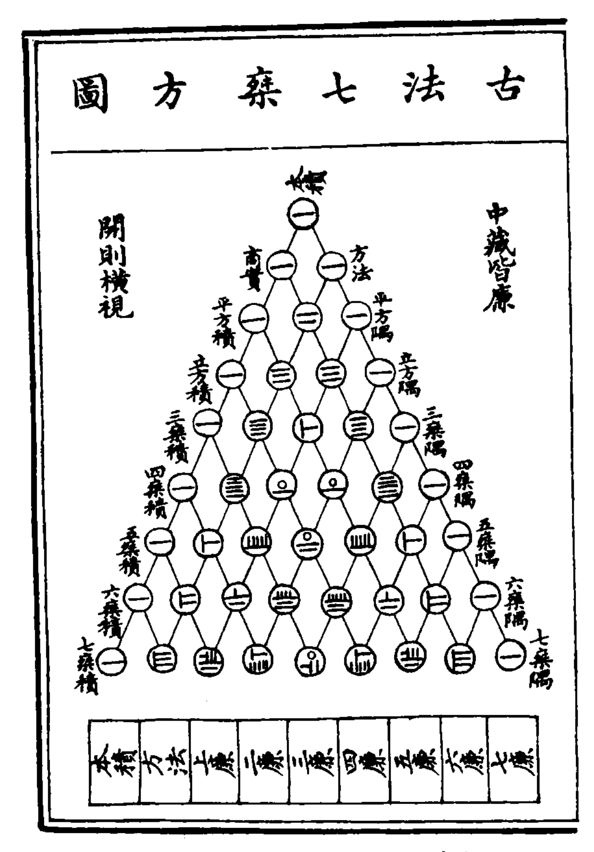
《楊輝算法》近由藍麗蓉譯成英文，並加以分析和評論，極有參考價值。②

在公元一二九七年和一三〇三年，元代的數學家朱世傑先後刊刻了《算學啓蒙》及《四元玉鑒》。它們都是中國數學史上重要的著作。

《算學啓蒙》的正文共有三卷，分二十門、二百五十九問，內容包括四則運算、開方、天元術等。正文之前，另有《算學啓蒙總括》，列出各種法則和常用數據，第二條稱爲“九歸除法”，和後來的珠算歌訣相同，可供珠算之用。③

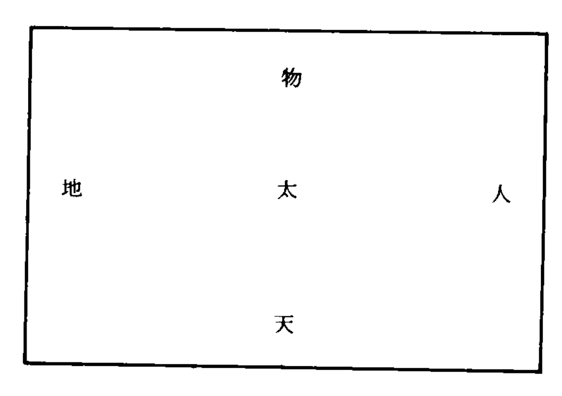
正如書名顯示，這是一本“啓蒙”的書籍。從數學的角度看來，它並不是一部傑出的著作；但從文化交流的角度來說，它卻相當重要。因爲它不但在中國各地流傳，而且還傳到朝鮮和日本。到了明代，這書在國內失傳了，但在朝鮮和日本仍有刻本，直到公元一八三九年，清代學者羅士琳獲得一六六〇年的朝鮮刻本，於是把它重刻出版。

至於《四元玉鑒》這部著作，標誌着中國代數達到了最高水平。這書的開端有一個圖形，和“巴斯噶三角形”圖完全相同。朱世傑稱這幅圖爲“古法七乘方圖”（參圖四七），可見它有長久的歷史。書中又叙述了朱世傑的偉大創造——“四元術”。如前所述，在十三世紀初，中國北方的數學家以“天元”表示包含一個未知數的一次方程，其後推廣至二元（即“天”、“地”）及三元（即“天”、“地”、“人”）。最後，朱世傑



圖四七　《四元玉鑒》中"古法七乘方圖"

更利用"天"、"地"、"人"、"物"四元表示四個未知數，並舉例說明如何建立四元高次方程組和消元的方法。四元的"矩陣"是這樣的：中央一格爲常數項，稱爲"太"，即"太極"的簡稱；"天元"立在"太"的下面；"地元"立在"太"的左邊；"人元"立在"太"的右邊；"物元"立在"太"的上面（參圖四八）。至四元各項系數，以"太"爲中心，自低次



圖四八　四元圖

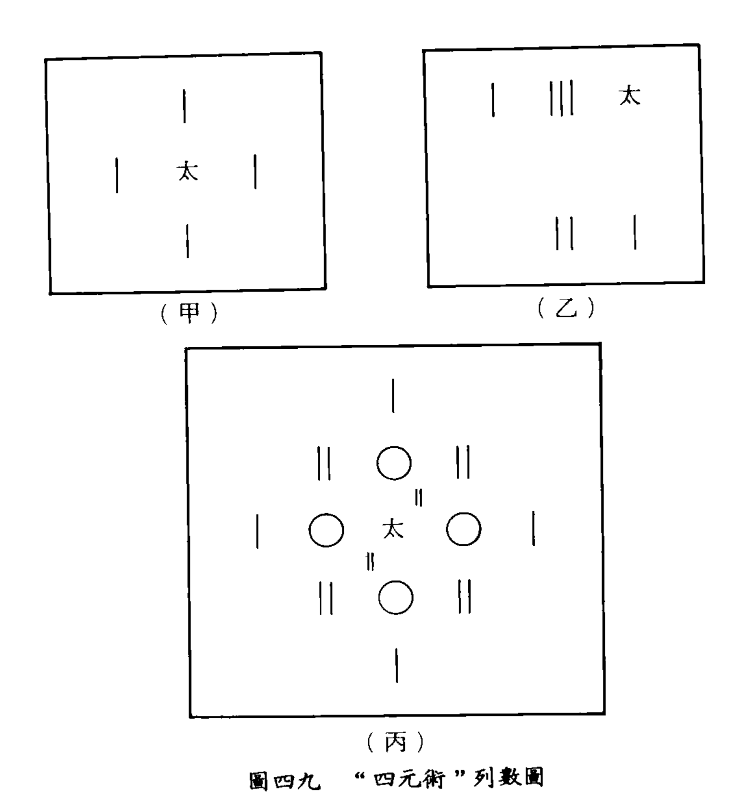
冪至高次冪向外伸展。舉例來說，設 u、v、w、x 爲“天”、“地”、“人”、“物”四元，四元之和即 $u+v+w+x$ 的圖式如圖四九（甲），而 $u+2uv+3v+v^2$ 的圖式則如圖四九（乙）。至於 ux 或 vw 等相乘項，則記在相應的夾縫位置，如 $u^2+v^2+w^2+x^2+2uv+2xw+2uw+2ux+2vw+2vx$ 的記法如圖四九（丙）。

《四元玉鑑》雖然主要是講解“四元術”，但書中提到的“垜積招差”（即高階等差級數求和法）也是朱世傑的一項數學成就。他提及的“垜積招差”問題相當有趣，現徵引其中一些公式如下：

$$\sum_{1}^{n}\frac{n(n+1)}{2!}=\frac{1}{3!}$$

$$\sum_{1}^{n}\frac{n(n+1)(n+2)(n+3)(n+4)}{5!}$$

$$=\frac{1}{6!}n(n+1)(n+2)(n+3)(n+4)(n+5)$$



（甲）　（乙）

（丙）

圖四九　“四元術”列數圖

$$\sum_{1}^{n}\frac{n^{2}(n+1)(2n+1)}{60}=\frac{1}{60}n(n+1)(n+2)\left\{n\left(4n+1\frac{1}{2}\right)+\left(4n+\frac{1}{2}\right)\right\}$$

《四元玉鑒》近有法文譯述本，可供研究參考。④

註 釋

① 這些方法，在劉益的《議古根源》中已有論述，詳錢寶琮：《中國數學史》，頁一五四至一五七。

② Lam Lay Yong, *A Critical Study of the Yang Hui Suan Fa*. 除《楊輝算法》外，藍麗蓉亦曾研究楊輝其他作品如《日用算法》等。

③ 參看 Lam Lay-yong, "Chu Shih-Chieh's *Suan-hsüeh Ch'i-meng* (*Introduction to Mathematical Studies*)," *Archive for History of Exact Sciences*, 21(1979), 1-31.

④ Jock Hoe, *Les systèmes d'équations polynômes dans le Sìyuán Yùjiàn* (*1303*) (Mémoires de l'Institut des Hautes Études Chinoises, 6), (Paris: Collège de France, Institut des Hautes Études Chinoises, 1977). Jock Hoe 另有英文論文 "*The Jade Mirror of the Four Unknowns*: Some Reflections," (*Mathematical Chronicle*, 7[1978]: 125-156) 一文，為上書的導論。

八　中國數學的衰落與耶穌會士的來華

在元代，偉大的天文學家及數學家郭守敬（公元一二三一年——公元一三一六年）應用高深的數學編制曆法。雖然他的原著沒有保存下來，但他的方法在《元史·天文志》和《明史·天文志》中都有敘述。此外，邢雲路（公元一五七三年——公元一六二〇年著稱）的《古今律曆考》和梅文鼎（公元一六三三年——公元一七二一年）的《曆算全書》也參考過郭守敬的著作。

郭守敬約在公元一二六二年受命於元世祖忽必烈（公元一二一五年——公元一二九四年；公元一二六〇年——公元一二九四年在位）從事水利工程工作。大概在十四年後，他開始研究天文曆算。郭守敬被推爲球體三角在中國的始創人。他沒有利用正弦、餘弦、正割等術語，祇是涉及赤道、黃道和月球軌道在天球上的升交點所構成的圖形而已。有些學者認爲他的著作可能完全以沈括的理論作爲根據，另一些學者卻相信他大概受到阿拉伯人的三角函數表的影響。郭守敬運用過四次方程，又用“招差法”計算太陽的視運動的角頻率速度。這個方法相等於“有限差分法”（method of finite difference）。

這時適是伊斯蘭文化東漸的時期，而且不少從波斯及中亞細亞來的回教徒在元朝供職。如波斯的天文學家札馬魯丁（Jāmāl al-Din）在公元一二六七年爲忽必烈編造了一個名叫

《萬年曆》的新曆法，可惜它在後來失傳了。公元一三六八年，元朝設立了“回回司天監”，與中國原有的司天監並立。明朝成立以後，在公元一三七〇年於司天監中設有“回回科”。這個科的主持人是回人海達兒。公元一三八二年，他呈獻了《明譯天文書》給明太祖朱元璋（公元一三二八年——公元一三九八年；公元一三六八年——公元一三九八年在位）。

٢٨	٤	٣	٣١	٣٥	١٠
٣٦	١٨	٢١	٢٤	١١	١
٧	٢٣	١٢	١٧	٢٢	٣٠
٨	١٣	٢٦	١٩	١٦	٢٩
٥	٢٠	١٥	١٤	٢٥	٣٢
٢٧	٣٣	٣٤	٦	٢	٩

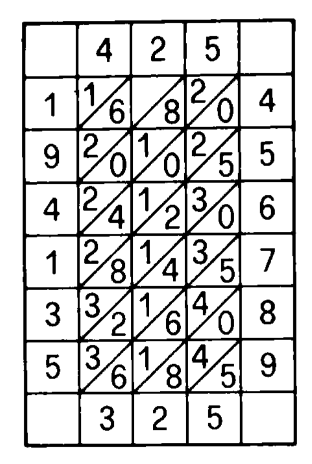
28	4	3	31	35	10
36	18	21	24	11	1
7	23	12	17	22	30
8	13	26	19	16	29
5	20	15	14	25	32
27	33	34	6	2	9

圖五〇　安西王府鐵板上幻數圖

一九五六年冬，有一幅阿拉伯文的六行幻數圖在西安市郊出土，這幅圖是鐫刻在鐵板上的（參圖五十）。它是阿拉伯數字傳入中國的最古證據，有些學者相信它是十三世紀時札馬魯丁等人製造的。①

當十六世紀末耶穌會教士來華時，這些伊斯蘭天文學家的後裔還在他們的司天台工作，同時司天監中的"回回科"到十七世紀後半期才被廢去，所以我們不難想像在十三至十七世紀四百多年間伊斯蘭的數學和天文學對中國天文曆算的影響。至於影響到甚麼程度，則不能確定，有待精於天文、數學而又通曉中、回語文的學者加以探討和判斷。遺憾的是，誠如李約瑟指出，自從中國和伊斯蘭國家間的文化接觸以後，中國數學呈現了衰落的現象，以致在公元一四〇〇至一五〇〇年間，幾乎沒有一部值得重視的著作。②

然而，在郭守敬死後半個世紀內，還有幾部次要的數學著作可以一提，它們是丁巨在公元一三五五年刊刻的《丁巨算法》和同時期的佚名著作《透簾細草》，以及一三七二年出現的嚴恭《通原算法》。至於一四〇〇至一五〇〇年間，似乎祇有吳敬值得一提。他在一四五〇年編纂了《九章算法比類大全》一書，書中的"寫算"方法，是中國以前未曾有過的。這種方法是這樣的：設以456789乘425，將被乘數425從左至右寫在表中最頂的橫排，再把乘數456789自上而下寫在右面的直行；然後以乘數各位數字輪流乘被乘數，把乘積填上中間的斜格內。乘遍以後，把每一斜行的數字相加起來，便得出194135325的答案（參圖五一）。這種"格子乘法"（*gelosia*）大抵起源於印度，經過伊斯蘭國家而傳入中國，稱爲"因乘圖"或"鋪地錦"。



圖五一　寫算（或"格子乘法"）圖

在十六世紀，唐順之（公元一五〇七年——公元一五六〇年）寫了五篇數學論文，其中以《弧矢論》最爲重要。顧應祥分別在公元一五五〇年和一五五二年著有《測圓海鏡分類釋術》及《弧矢算術》。但在十六世紀的數學家中，程大位的著作最值得重視。他在一五九三年出版了《算法統宗》。在這書中，第一次出現了中國算盤的圖說和它的應用方法。影響所及，珠算取代了籌算的地位；而籌算也漸次被人遺忘，到了淸代，才被數學家重新發現。

十六世紀末，天主教的耶穌會教士開始來華傳教，最先到中國內地的是利瑪竇（Matteo Ricci，公元一五五二年——公元一六一〇年）。他在公元一五八二年抵達中國，攜帶有自鳴鐘、地圖、渾儀、日晷等物品獻給明神宗朱翊鈞（公元一五六三年——公元一六二〇年，公元一五七二年——公元一六二〇年在位）。

利瑪竇來華時，中國的天文、數學和其他自然科學都呈現

着衰退的景象。尤其是明代的《大統曆》，本是繼承着元代的《授時曆》而來。這種曆法到十六世紀末已施行了三百多年，其中的天象和實際觀察已不符合。利瑪竇的數學知識，獲得部分朝臣的敬重，透過徐光啓（公元一五六二年——公元一六三三年）的協助，他在一六〇七年翻譯了歐幾里得（Euclid，約公元前三三〇年——公元前二七五年）的著作，稱爲《幾何原本》。這部中譯本是根據利瑪竇的老師德國著名數學家克拉維斯（Christopher Clavius，公元一五三七年——公元一六一二年；中譯本稱他爲“丁先生”）的注本*Euclidis Elementorum libri XV*譯出。原書本有十五卷，中譯本祇譯了前六卷。另外在李之藻（公元一五六五年——公元一六三〇年）的輔助下，利瑪竇又編譯了《同文算指》，並在一六一四年刊行。這書是據克拉維斯的《實用算術》（*Epitome Arithmetical Practiae*）譯成的。上述兩書是希臘幾何學及西方算術著作傳入中國的開始。此外，利瑪竇又翻譯了三本天文學的書，書中除了天文學外，還涉及天文儀器、高等幾何學和測量學。

自從利瑪竇在公元一六一〇年逝世以後，耶穌會教士來華日衆。一六一三年，艾儒略（Juies Aleni，公元一五八二年——公元一六四九年）來到中國，在一六三一年寫成《幾何法要》四卷。一六二二年，耶穌會的德國教士湯若望（Jean Adam Schall Von Bell，公元一五九一年——公元一六六六年）也來到中國。由於他精通天文，深得中國學者的信任。當時，因《大統曆》已失準確性，而欽天監官員又不能修改曆法，明朝接納了徐光啓的建議，設立新曆法局，聘請湯若望等教士入局修曆。徐光啓和李天經（公元一五七九年——公元一六五九年）先後負責修曆之事，並在一六三一年至三四年間，五次

進呈曆書，合共一百三十七卷，這就是有名的《崇禎曆書》。③明朝旋於一六四四年覆亡，新曆沒有頒行，湯若望等把它重新編訂。在公元一六六九年完成，稱爲《西洋新法算書》。

除了入曆局參加修曆工作的傳教士外，其他來華教士也介紹了不少西洋天文學和數學。例如波蘭教士穆尼閣（**Jean Nicolas Smogolenski**，公元一六一一年——公元一六五六年）和他的門人薛鳳祚（？——公元一六八〇年）在一六五三年合著成《天步眞原》一部著作，討論日月食的問題，載於他們的《三角算法》一書中。《三角算法》這書最早刊出了中國對數表，並講解對數的用途和三角函數對數表的使用法。透過上述諸書，歐洲的數學大量傳入中國，包括平面及球面幾何學、對數、計算尺等。穆尼閣的另一個學生方中通（公元一六三三年——公元一六九八年）在公元一六六一年刊刻了《數度衍》一書，載有所搜集的幻數圖。

在十七世紀衆多中國數學家中，張潮（公元一六五〇年——？）和王錫闡（公元一六二八年——公元一六八二年）也值得一提。張潮在他的《心齋雜組》書中有"算法圖補"，載有很多幻數圖。王錫闡寫過《曉庵新法》、《大統曆法啓蒙》、《曆表》、《雜著》四部書，後來合編爲《曉庵遺言》。在這些著作中，他保存了自己認爲正確的中國傳統數學和曆法，並敘述西洋在這兩方面值得探討的知識。

十八世紀初，由於清聖祖玄燁（公元一六五四年——公元一七二二年，公元一六六一年——公元一七二二年在位）愛好科學，除了召傳教士進宮，講授西洋數學外，又詔令梅瑴成（公元一六八一年——公元一七六三年）等編纂《律曆淵源》（公元一七二三年刊行，是由《曆象考成》、《數理精蘊》、《律呂正

義》三書合成）等數學綱要的書籍。清代數學大師梅文鼎的巨著《曆算全書》也在公元一七二三年面世。這時候，中國數學實已踏進了一個新的紀元。自利瑪竇來華至十八世紀初，中國數學界主要是翻譯耶穌會教士傳入的西洋書籍和吸收其中的新知識。到十八世紀初梅文鼎的時候，中國數學家開始從現代數學的新角度，重新檢討中國的傳統數學，而且作出不少貢獻。

遺憾的是，適在十八世紀初，羅馬教廷下令所有中國信徒不准拜祖先，引起了中國人的反對。公元一七〇七年，清聖祖把教皇的使者關閉在澳門的監獄。清世宗胤禛（公元一六七八年——公元一七三五年，公元一七二二年——公元一七三五年在位）因懷疑傳教士和其他皇子勾結，對他的帝位不利，於是在公元一七二三年下令除欽天監供職的傳教士外，其他一律驅逐到澳門，不許擅入中國內地。從此以後，直到鴉片戰爭百餘年間，西方的傳教士絕跡於中國，西方數學的輸入也暫告停止。中國數學家就在這段期間消化和吸收已傳入的西洋數學，進行改弦易轍的研究。

註 釋

① 錢寶琮：《中國數學史》，頁二二五。

② Needham, *Science and Civilisation in China*, vol.3, p.50.

③ 參看橋本敬造：《〈崇禎曆書〉の成立と"科學革命"》，《關西大學社會學部紀要》，第十二卷第十二號，一九八一年，頁六七至八四。

九　十八、十九世紀的中國數學

清廷在十八世紀初驅逐傳教士以後，中國學者開始重新審查中國傳統的數學。他們發現在中國數學中，早已有代數這門科學，由於過去一個世紀中國傳統科學的衰退，及耶穌會教士掀起了研究“阿爾熱巴拉”（即 algebra 的譯音）的狂熱，使到中國代數被忽視起來。上述的論點是清代曆算大師梅文鼎的孫兒梅瑴成首先提出的。他在《赤水遺珍》指出，中國在受到西學衝擊以前，代數已有高度的發展，由於它使用了後人不熟悉的記號，所以不受到注意。梅瑴成曾參予《律曆淵源》的編訂，又在一七六〇年輯成《算法統宗》，次年又編有《梅氏叢書輯要》，後者收錄了幾種西方數學書籍。

十八世紀也是一個搜集中西數學典籍而撰作數學綱要的時代。如康熙年間詔令編纂和出版的《律曆淵源》，是由《曆象考成》四十二卷、《律呂正義》五卷、《數理精蘊》五十三卷合成，全書在公元一七二一年完成，兩年後刊行。《曆象考成》（公元一七一三年完成）是一部天文學書，是根據丹麥天文學家第谷·布拉赫（Tycho Brahé，公元一五四六年——公元一六〇一年）和法國天文學家卡西尼（Jean Dominique Cassini，公元一六二五年——公元一七一二年）的學說寫成；《律呂正義》（公元一七一三年完成）是一部音樂論著，記述葡萄牙人

徐日昇（Thomas Pereira, 公元一六四五年——公元一七〇八年）與意大利人德禮格（Theodorico Pedrini, 約公元一六七〇年——約公元一七四五年）所傳五綫譜、音階唱名等；至《數學精蘊》（公元一七二一年成書）主要是介紹公元一六八五年以後傳入中國的西方數學。公元一七二六年，陳夢雷（公元一六五一年——？年）等編成《古今圖書集成》，收錄的數學著作計有《周髀算經》、《數術記遺》、《謝察微算經》（宋代著作）、《夢溪筆談》、《算法統宗》等書及《西洋新法曆書》的幾何和對數部分。公元一七八一年，第一套《四庫全書》面世，接着在一七八二年、一七八三年和一七八四年，又先後謄錄了另外三套。最後的一套藏在文津閣，共有書籍三萬六千二百七十七本，合爲二百二十九萬一千頁；其中有二十五種數學著作，包括“算經十書”、秦九韶和李冶的著述、及耶穌會教士翻譯的西方數學書籍。①

在十八世紀和十九世紀初，許多中國數學家從事獨立的研究工作，其中如戴震（公元一七二四年——公元一七七七年）便有很大的成就。戴震負責編輯《四庫全書》中的數學典籍，而且在一七四四年和一七四五年先後撰成《策算》和《句股割圜記》。他的學生孔廣森（公元一七五二年——公元一七八六年）則專注於秦九韶和李冶的著作，著有《少廣正負術》。除孔廣森外，李銳（公元一七七三年——公元一八一七年）也以研究秦、李而著名；他撰寫過《方程新術草》、《勾股算術細草》、《弧矢算術細草》及《開方說》等論文。公元一七九九年，他又和阮元（公元一七六四年——公元一八四九年）合著成《疇人傳》，這是中國第一部叙述數學家和天文學家的書籍。阮元在《疇人傳》中稱譽李銳是清代的李冶。其後在公元一八

四〇年，以鑽研朱世傑的著作而聞名的羅士琳繼承了李銳和阮元的工作，編纂了《續疇人傳》。

此外，其他十九世紀的傑出中國數學家有董祐誠（公元一七九一年——公元一八二三年），著有《割圜比例圖解》（一八一九年刊行）；項名達（公元一七八九年——公元一八五〇年），著有《象數一原》（一八六四年刊行）；徐有壬（公元一八〇〇年——公元一八六〇年），撰有《割圜密率》（公元一八五二年前出版），戴煦（公元一八〇五年——公元一八六〇年），撰有《外切密率》（公元一八五二年出版）；顧觀光（公元一七九九年——公元一八六二年），著有《九數存古》等書；李善蘭（公元一八一一年——公元一八八二年），著有《方圓闡幽》、《弧矢啓祕》、《對數探源》等（公元一八四五年發表）；華蘅芳（公元一八三三年——公元一九〇二年）、華世芳（公元一八五四年——公元一九〇五年）兄弟，前者有著譯十餘種，後者著有《連分數學》（公元一八八二年）等著作。這些數學家主要關注於探求更準確的圓周率、三角函數、數字級數求和法及方程理論等。雖然他們受到時空的限制，不能趕得上同時期的西方數學家，但在這些研究範圍內，已作出了獨立而有價值的進展。偉烈亞力（Alexander Wylie，公元一八一五年——公元一八八七年）在他和李善蘭合譯美國羅密士（Elias Loomis，公元一八一一年——公元一八九九年）的《代微積拾級》（*Elements of Analytical Geometry and of Differential and Integral Calculus*，公元一八五〇年）的序中，提到董祐誠、項名達、徐有壬、戴煦、顧觀光和李善蘭的著作，並認為他們獨立的研究已非常接近發明微積分的階段。微積分最初的形式稱為“流數理論”或“流數法”（theory of

fluxions or method of fluxions)，是牛頓（Isaac Newton，公元一六四二年——公元一七二七年）在公元一六六五、六六年間所創。到了公元一六七三至一六七六年間，萊布尼茨研究過笛卡兒（René Descartes，公元一五九六年——公元一六五〇年）和帕斯卡（Blaise Pascal，公元一六二三年——公元一六六二年）的論著後，又受到惠更斯（Christian Huygens，公元一六二九年——公元一六九五年）的影響，發現了微積分的新形式。不過微積分並沒有由利瑪竇或十七至十八世紀初的耶穌會敎士傳入中國。戴煦的著作由英人艾約瑟（Joseph Edkins，公元一八二三年——公元一九〇五年）翻譯爲英文，並在歐洲出版，開創了中國數學著作翻譯爲外文及在歐洲刊行的先河。

鴉片戰爭以後，耶穌會敎士和其他傳敎士在十九世紀中葉再次來華，掀起了第二次西方文化東漸的浪潮，而且傳入了西洋高深的數學和先進的天文學。傳敎士在中國各地創辦學校和大學，這些學校都敎授西方數學。第一所敎會學校於公元一八三九年在澳門創辦，第二所則在公元一八四五年在上海成立。就敎授數學來說，首要的工作是翻譯西方的數學書籍。李善蘭在這方面擔任了一個重要的角色，他和偉烈亞力合譯了歐幾里得《幾何原本》的後九卷、約翰·赫歇耳（John Frederick William Herschel，公元一七九二年——公元一八七一年）的《談天》（*Outlines of Astronomy*）、棣麼甘（Augustus De Morgan，公元一八〇六年——公元一八七一年）的《代數學》（*Elements of Algebra*）、羅密士（Elias Loomis，公元一八一一年——公元一八九九年）的《代微積拾級》（*Elements of Analytical Geometry and of Differential and In-*

tegral Calculus)及牛頓的《數理》(*Principia*)若干章。他又和艾約瑟合譯了休厄爾(或作胡威立, W. Whewell)的《重學》(*Mechanics*)等書。繼李善蘭之後，華蘅芳在介紹西方數學方面作出較大的貢獻，他與英人傅蘭雅(John Fryer，公元一八三九年——?年)合作專譯數學書籍十餘年，先後出版了《代數術》、《微積溯源》、《三角數理》、《代數難題解法》、《決疑數學》、《合數術》等六種。

到了十九世紀末期，西方數學對中國的影響已經顯露出來。起初，《算經十書》與西方數學書籍同爲學校中的數學課本，但是這個中西課本並用的制度很快被取消了。自此以後，祇有西方的現代數學才編入數學課程，淸政府也開始派遣學生到海外學習現代數學。從十九世紀末期起，中國數學變成現代世界數學的一部分；而在中國傳統數學中，祇有珠算這門學科沒有受到淘汰。

註　釋

① 參看郭伯恭:《四庫全書纂修考》(北平、北平研究院史學研究會，一九三七年)，頁一二八至一三二。這就是所謂“內廷四閣”本的成書年分，至“江浙三閣”全書續繕經過，詳該書，頁一三六至一三九。



第三篇

天文學



一　中國天文學的起源

“數”這個字含有“天數”和“曆數”的概念，而兩者皆包含在中國天文學內。① 西方自從科學革命以後，天文學和占星術已經分了家，但中國天文學和占星術始終保持着密切的關係，因此當西方天文學在十七世紀傳到中國，便受到深受天人感應思想影響的學者批評。如戴名世（公元一六五三年——公元一七一三年）爲梅文鼎《中西經星同異考》作序時說：

> “其(西方天文學)說不主於占驗，以爲天象之變異，皆出於數之一定，而於人事無與焉。君子譏其邪妄爲已甚矣。”②

戴名世的說話，反映出中國傳統天文學和現代天文學的分歧。事實上，正如古代巴比倫的迦勒底（Chaldea）的占星術促進天文研究一樣，中國的占星術也是使天文學研究變成官方工作的原因之一。在傳統中國社會裏，通曉天文學的人會受到敬重，因爲他們了解“天數”和“曆數”。

據中國古老的傳說，天文學起源於伏羲和黃帝的時代。《晉書·天文上》說：

> “昔在庖犧，觀象察法，以通神明之德，以類天地之情，可以藏往知來，開物成務。……黃帝創受‘河圖’，始明休咎，故其《星傳》尚有存焉。降在高陽，乃命南正重司天，北正黎司地。爰洎帝嚳，亦式序三辰。唐虞則羲

和繼軌，有夏則昆吾紹德。年代緜邈，文籍靡傳。”③中國天文學的歷史古老到甚麼程度，一直以來都是中西學者爭論的問題。宋君榮（A. Gaubil）、比約（J. B. Biot）及德莎素（L. de Saussure）等學者據《書經》提到日落後五星（即天蝎座〔Scorpius〕，包括火星〔Antares, 即天蝎座 α〕）的升起和其他天文現象，確定中國古代的天文觀察遠在公元前三千至二千年間已存在。日本學者新城新藏也同意這些天文現象是在公元前二三〇〇年觀察所得的，而施古德（G. Schlegel）更說中國的“二十八宿”在公元前一六〇〇〇年前已存在。其次，新城新藏提倡中國天文學源出本土之說，法國的學者馬伯樂（Henri Maspero）雖認爲中國天文學的起源最早不超過公元前六或五世紀，但也支持新城新藏的說法。可是另有些學者如橋本增吉、劉朝陽等卻懷疑《書經》的記載是否眞確，而橋本增吉把《書經》有關天文的記載推遲到公元前八世紀或以後。此外又有些學者，提倡中國天文學是從外地傳入的。如印度學專家布倫南德（W. Brennand）和布格斯（E. Burgress 及 J. Burgress）堅持，最低限度中國的“二十八宿”說是從印度的“納沙特拉”（*nakshatra*）發展而來的；但是奧爾登貝（H. Oldenberg）則認爲無論是中國的“二十八宿”或印度的“納沙特拉”都起源於巴比倫的“白道”（lunar zodiac）說。飯島忠夫則試圖證明中國天文學如不是從希臘，至少也是從巴比倫傳入；又有些學者相信中國的占星術在公元前五二三年由巴比倫傳入。至於德經（C. L. J. de Guignes）更假設中國天文學是從埃及傳過來，而且中國本來就是埃及的殖民地。到底中國天文學源於本土或從外地傳來的呢？而它的歷史又古老到甚麼程度呢？這問題到現在仍難下判語。例如，李約瑟贊成從巴比

倫傳來，而藪內清卻不表贊同，而且堅持他的老師新城新藏的意見。不過，透過最近考古的發現及甲骨文上關於商代（約公元前一五二〇年——約公元前一〇二七年）的天文記載，上述有些理論已不攻自破了。

《書經·堯典》説：

> “乃命羲、和，欽若昊天，歷象日、月、星、辰，敬授人時。
>
> “分命羲仲，宅嵎夷，曰暘谷，寅賓出日，平秩東作。日中星鳥，以殷仲春。厥民析，鳥獸孳尾。
>
> “申命羲叔，宅南交，平秩南訛，敬致日永星火，以正仲夏。厥民因，鳥獸希革。
>
> “分命和仲，宅西，曰昧谷，寅餞納日，平秩西成。宵中星虛，以殷仲秋。厥民夷，鳥獸毛毨。
>
> “申命和叔，宅朔方，曰幽都，平在朔易，日短星昴，以正仲冬。厥民隩，鳥獸氄毛。”④

上引文字記載堯任命羲氏、和氏兩家兄弟，到東南西北四方制定季節的情況。第一段的“辰”，可能指獵戶座（*Orion*）的三顆主要的星、或大熊座（The Great Bear）的七星、或北極星、或心宿二（即火星〔天蝎座 α 〕）；第二段的“鳥”星，即南宮朱雀中央的星，包括“二十八宿”中的東井、輿鬼、柳、七星、張、翼、軫；第三段的“火”星，即東宮蒼龍中央的星，包括“二十八宿”中的角、亢、氐、房、心、尾、箕；第四段提到的“虛”星，是指北宮玄武中央的星，包括“二十八宿”中的南斗、牛、女、虛、危、營室、東壁；第五段提到的“昴”星，指西宮白虎中央的星，包括“二十八宿”中的奎、婁、胃、昴、畢、觜、參。這一節《書經·堯典》，曾引起中外學者對

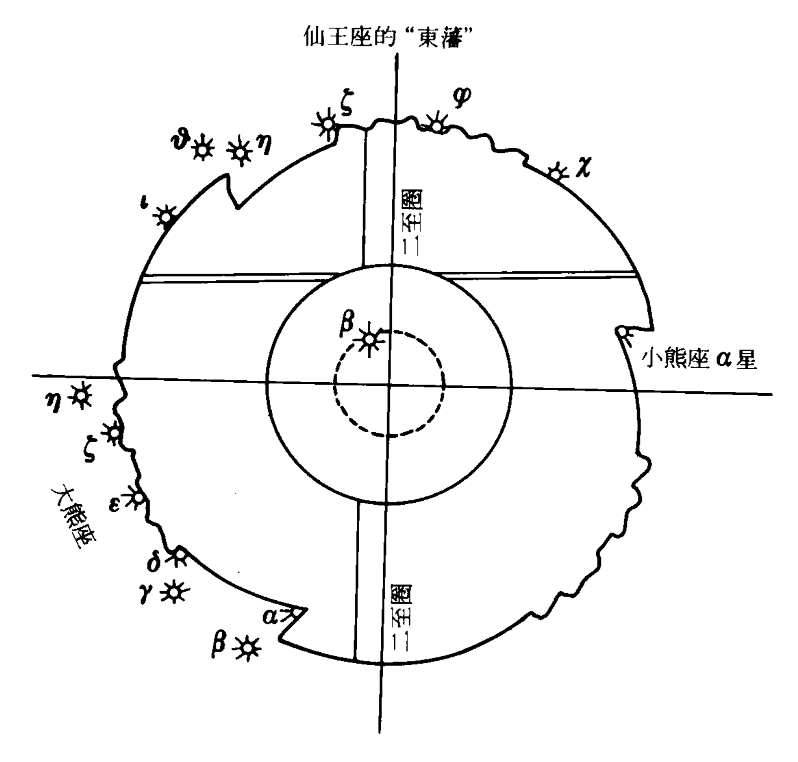
中國天文學起源的爭論，因爲從其中所載在一定方位上出現的恒星所具的季節關係，這些觀察大概是公元前第三世紀記載下來的；但如果這是公元前第三世紀的紀錄，這些觀察就似乎不是在中國進行的了。希望將來從甲骨文中的天文紀錄這類資料中，得到新的證據，把上述議論性的問題弄得淸楚明白。

《書經·舜典》中也有一段記載，引起了許多關於中國天文學起源的爭論，現引錄如下：

"（舜）在璿璣、玉衡，以齊七政。"⑤

這段引文祇有九個字，卻從漢代開始，啟釁了二千多年的爭論，其中"在"字指查察，"七政"指日、月、五星，意思十分明顯，問題就在"璿璣"和"玉衡"。漢代的學者對文中"璿璣"的意思，產生了兩種分歧的意見。如西漢伏勝認爲是指星座，而東漢的馬融（公元七九年——公元一六六年）、蔡邕（公元一三二年——公元一九二年）、鄭玄（公元一二七年——公元二〇〇年）等則相信是指天文儀器。就前者來說，璿、璣、玉衡是北斗（大熊座）中三顆星的名稱，即北斗二（大熊座β，稱爲"天璿"）、北斗三（大熊座γ，稱爲"天璣"）及北斗五（大熊座ε，仍稱"玉衡"）；一說魁稱璿璣，斗稱玉衡。就後者來說，在一個世紀前，理雅各（James Legge，公元一八一五年——公元一八九七年）和梅赫斯（W. H. Medhurst）把"璿璣"譯爲"the pearl-adorned turning sphere"，便是說它是一種用珍珠裝飾的旋轉渾儀。在此之前，耶穌會敎士已常常用宋代的渾儀說明甚麼是"璿璣"，但嚴格來說，這樣的比擬是沒有根據的。三十多年前，比利時學者米歇爾（Henri Michel）提出一個很有趣的解釋。在中國古代的玉器中，有一種叫做璧，通常的形狀是正中有孔的平圓形玉塊。但有一種璧

的類型很特別，它的外緣分爲三個長度相同的部分，雕刻得非常精細。每一部分都是由一個凸出物和一個尖銳的缺刻開始的，接着是一系列不同形狀的鋸齒，然後是平滑的圓周，而和另一個刻度相連。在圓盤的一面，刻有兩個大致成直角的十字紋。（參圖五二）清代吳大澂在《古玉圖考》首先指出這種璧可能是某種古代的天文儀器，並證明它是“璿璣”（或作“旋璣”）。米歇爾也認爲“璿璣”是天文儀器，而且解釋了它的用途。據他指出，中國古代有另一種管狀的玉器稱爲琮，原是



圖五二　推測爲“璿璣”的一種璧及其用法圖

一種用來觀星的窺管，大概用來插進上述有鋸齒的璧的。“玉衡”可能就是琮的一種。這樣，璧和琮合起來成爲一個觀察天象的儀器。他稱這種璧爲“拱極星座樣板”(circumpolar constellation template)，又指出如果旋轉樣板，使到大熊座(Ursae Majoris) α 和 δ 兩星位於三處缺刻之一時，小熊座(Ursae Minories)就會在第二缺刻的地方，而“紫微右垣”八星亦會恰當地和第三缺刻的鋸齒相合。這時把琮插入樣板的圓孔內，使到它的一個平面和樣板背面所刻着的雙綫平行。米歇爾認爲這個儀器本是用來測定眞北極及二至圈的位置的。

上引《晉書》和《書經》也表示了中國天文學的官方性質。對農業經濟的國家來說，最重要的是告訴或預先警告人民甚麼時候冰雪消融、河渠漲落及雨季來臨和結束，使他們能夠及時播種五穀。在中國古代及中古時代，頒布曆法是統治者的責任及權利，而在編制曆法的時候，必須研究天象的運行，因此在中國古代和中古時代，天文學時常是國家的專利。

《周禮》描述周王的天文學家馮相氏在夜間守候靈臺(天文臺)，占星家保章氏保管天文紀錄，氣象官眡祲觀測氣象及日、月食，及掌理時間的官員挈壺氏掌管漏壺(古代的計時器)。後來這些官員被組織起來，成爲一個特設的政局機構——天文局。天文局在不同朝代有不同的名稱，例如在公元七五八年成立的，稱爲司天臺，但普通稱爲司天監，到了一三七〇年以後稱爲欽天監。天文機構首長的名稱也隨時代而不同，最古的官名大概是太史令，它也是最普通的名稱，漢代的司馬遷和宋代的沈括也擔任過太史令的職位。很多時候，天文局的職位是父子世襲的。

有史以來，中國天文學都得到朝廷支持。另一方面，由於

曆法和政權有着密切的關係，所以每一朝的君主對獨立進行研究的天文學家都十分警惕，恐怕他們暗中和謀朝篡位者勾結而編造新曆。其次，由於中國人相信天象的變異是朝代不祥之兆，謀叛者也需要聘請天文學家來作對目前的朝代不利的天象解釋。所以，爲了國家的安全，天文學在中國始終是國家的專利。由此亦可見，爲甚麼天文學的研究必須得到朝廷的支持，但爲了保密的緣故，卻妨礙了它的發展。故《晉書·天文上》說：

"儀象之設，其來遠矣。緜代相傳，史官禁密，學者不覩，故宣、蓋沸騰。"⑥

爲了避免天文學知識濫傳到別人當中，所以天文學著作比數學著作的數量刊印得較少，而且雖經印成書本，亦祇庋藏在皇室及有關政府部門中，就是印刷術發明以後，情況也沒有改變。於是它們在朝代更替的暴亂、屠殺、焚掠之中而散佚，因此古代天文學的書籍並不如數學著作一樣，能夠大量完整地保存下來。

現存最早的中國天文紀錄見於甲骨文中，例如甲骨文中關於武丁時代（公元前一三三九年——公元前一二八一年）的資料，提到很多星宿，包括鳥星（即南宮朱雀中央的星）、火星、大星、鷸（這星有待辨認）等。世界上現存最古老的新星（nova）紀錄，也在甲骨文中發現，引錄如下：

"七日己巳夕豈㞢新大星并火。"

據董作賓考據，上述記載的準確年份雖然不詳，但應在公元前一三三九年至公元前一二八一年之間。同一時期的另一條卜辭又說：

"辛未有𣪘新星。"⑦

此外，董作賓據甲骨文鑒定到公元一二一七年前的一次日食。

最近，在一九七三年河南安陽的殷墟中，發現了商代刻有卜辭的甲骨四千八百餘片，它們都是公元前十四世紀至公元前十一世紀的遺物，刻有很多關於當時曆法和天文知識的資料。同年在湖南長沙馬王堆三號墓出土的帛書中，有一篇《五星占》，後面附有《五星行度表》。這表是根據實測的天象觀察，紀錄秦漢之際（公元前二四六年——公元前一七七年）七十年間木星、土星和金星運行的位置，並推算出它們的會合週期和公轉週期。同墓另一件帛書是《星象雲氣圖》，繪有各種彗星和雲氣圖形。⑧據一般的記載，渾儀是落下閎在公元前一世紀前後編制《太初曆》時創造的，但從馬王堆出土的天文資料的精確性看來，當時可能已曉得運用渾儀。因此，有關中國古代天文學的爭論，必須重新考察。

註 釋

① 關於中國天文學的發展，參看 Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 3; 鄭文光:《中國天文學源流》（北京、科學出版社，一九七九年）及陳遵嬀:《中國天文學史》第一册（上海、人民出版社，一九八〇年）；及中國天文學史整理研究小組:《中國天文學史》（北京、科學出版社，一九八一年）。

② 戴名世:《南山文集》（桐城張仲沅重鐫本: 光緒廿六年〔一九〇〇年〕）卷四，《中西經星同異考・序》，頁十九下。

③《晉書》，卷十一，《志》第一，《天文》上，頁二七七。關於《晉書・天文志》，參看 Ho Peng Yoke, *The Astronomical Chapters of the Chin Shu* 一書。

④《尚書》，卷一，頁一下至三上。

⑤ 同上，頁六下。

⑥ 《晉書》，卷十一，頁二八四。

⑦ 董作賓：《殷曆譜》下編，《華西大學文史集刊》第二期，一九四一年，卷三，頁二上。

⑧ 劉雲友：《中國天文史上的一個重要發現——馬王堆漢墓帛書中的〈五星占〉》，《文物》第十一期，一九七四年十一月，頁二八至三六；馬王堆漢墓帛書整理小組：《〈五星占〉附表釋文》，同上，頁三七至三九；及席澤宗：《一份關於彗星形態的珍貴資料——馬王堆漢墓帛書中的彗星圖》，《科技史文集》，第一輯，一九七八年十一月，頁三九至四三。

二　從春秋到漢代的天文學

除甲骨文和《書經》外，《夏小正》和《月令》兩種古老的曆書也包含許多天文學的資料。《夏小正》的內容與夏朝無關，它是一種農曆，但也按照一年十二個太陽月來叙述氣候、星象和物候的變化情況。這部書大概是公元前七世紀至公元前三五〇年間的作品，到了公元前一世紀，則併入戴德的《大戴禮記》。到了清代，許多學者註釋過《夏小正》，後來又由道格拉斯（R.K. Douglas）、恰特萊（H.Chatley）、衛德明（R. Wilhelm）及蘇熙洵（W. E. Soothill）等翻譯爲外文。《月令》叙述每個月的天象特點及相應的樂律、數、味、祭祀等詳情，例如在第一個太陽月中，太陽的位置在營室宿（即飛馬座 Pegasus），和它有關的數是八，味道是酸，臭味是辛辣，五行屬木；接着詳細描述關於天子舉行的儀式與不許參予的禁忌活動。這部書實際上是《呂氏春秋》的前十二篇，由於後者是在公元前二四〇年或二三九年編成，《月令》的成書年代最晚不過公元前三世紀。到了公元前一世紀，它併入戴聖的《小戴禮記》。

孔子和孟子也利用過天文學來解釋事物，如孔子曾以北極星比喻政事的施行說：

"爲政以德，譬如北辰，居其所而衆星共之。"①

《孟子》裏也有一段提到天文學的說話：

"天之高也，星辰之遠也，苟求其故，千歲之日至，可坐而致也。"②

上引孔子的說話，在本書前部分已談及，恕不贅述；孟子的話，是針對當時學者曲解事實、違反自然而發的。

先秦期間的天文紀錄如彗星和交食的觀察等，在《詩經》及《春秋》屢見不鮮。例如所載魯文公十四年七月（即公元前六一一年）出現的彗星，就是現存有關哈雷彗（Halley's comet）的最早紀錄。戰國期間有兩位傑出的天文學家，他們是齊國的甘德和魏國的石申。他們和另一位年代可能較早的天文學家巫咸，是世界上最早的星表的編制者，較歐洲方面伊巴谷（Hipparchus）在公元前一三四年所做的第一個星表早出兩個世紀。在石申和甘德的時候，木星的一個衛星首次被發現。③石申的著作稱爲《石申天文》，甘德的是《天文星占》，它們似乎一直流傳到公元六世紀，其後都散佚了。它們的殘篇則併入《星經》、《晉書·天文志》、《隋書·天文志》、《開元占經》等書。近日在敦煌發現《星經》的公元六二一年抄本。《星經》也收入了《道藏》，稱爲《通占大象曆星經》。

《晉書·天文志》紀錄了不少天文學家，引錄如下：

"至於殷之巫咸，周之史佚，格言遺記，於今不朽。其諸侯之史，則魯有梓愼，晉有卜偃，鄭有裨竈，宋有子韋，齊有甘德，楚有唐昧，趙有尹皐，魏有石申，夫皆掌著天文，各論圖驗。其巫咸、甘、石之說，後代所宗。"④

從上文可見，天文學家在春秋戰國期間相當活躍。誠如前文指出，中國的天文學和占星術有極爲密切的關係，上述的天文學家，同時也是占星家。據記載，石申在魯襄公（公元前五七〇年——公元前五四〇年在位）時準確地預言在宋、鄭兩國發生

的饑荒；卜偃也準確地預測到晉獻公（公元前六七六年——公元前六五一年在位）攻陷襄陽；裨竈預言周王和楚王的死，以及鄭國約在公元前四七六年滅亡，也十分靈驗。由此可見，在騶衍和他的門徒週遊列國時，占星術也相當流行。

中國占星術和其他類型的占星術不同，因爲在中國占星家來說，星象及其他天象主要影響朝廷，很少涉及羣衆，絕對不會影響個人。事實上，中國人相信天象和政事有互相影響的關係。星象是按照朝廷的機構或事物而命名，同時衆星的名稱也和朝廷中的等級制度相對應。實際上，"天官"就是指星羣。古代中國人不但相信天能干預人事，而且認爲人事能感應上天。因此，自然界的災異和祥瑞表示天對世人的譴責和嘉獎。這套天人感應說在中國人的信仰方面有特殊的意義，因爲它利用自然規律來阻嚇那些背道傷義的統治者。天人感應的關係，在下引《晉書·天文志》中清楚表示出來：

> "天子動得天度，止得地意，從容中道，則太微、五帝並明以光。"⑤

"太微"和"五帝"都是在"中宮"的星，象徵帝王，所以說天子施政合乎道，它們就會明亮起來。《史記》所載宋景公的一則史事，正好用來解釋天人感應的學說。這則記載是這樣的：

> "（宋景公）三十七年，楚惠王滅陳。熒惑守心。心，宋之分野也。景公憂之。司星子韋曰：'可移於相。'景公曰：'相，吾之股肱。'曰：'可移於民。'景公曰：'君者待民。'曰：'可移於歲。'景公曰：'歲饑民困，吾誰爲君！'子韋曰：'天高聽卑。君有君人之言三，熒惑宜有動。'於是候之，果徙三度。"⑥

宋的南面和陳接壤，楚滅陳，威脅着宋的安全。熒惑即火星

（Mars），當時的占星家認爲天上的心宿代表宋國，“熒惑守心”便象徵宋將有災難。但因宋景公愛民若赤，火星終於離開心宿，充分顯示出天人之間的感應。

在本書數學部分，已討論過《周髀算經》，但它也是一部有關天文學的書籍。這部書把天描寫成一個覆在地上的半球，被認爲是中國宇宙論中蓋天學派最早的著作。除《周髀算經》外，屈原（約公元前三四〇年——約公元前二七八年）的《天問》（約成於公元前三〇〇年）、劉安（公元前一七九年——公元前一二二年）的《淮南子·天文訓》也載有古代中國人的宇宙論。屈原在《天問》中，表達了他對宇宙結構的看法，其中關於天有九重的概念，令人聯想到托勒密和亞里士多德的天球（Ptolemaic-Aristotelian Spheres）。中國的宇宙論主要有蓋天說、渾天說和宣夜說，《淮南子·天文訓》中的說法，卻不同於上述三說，馬伯樂斷言它說的是第四種理論。

公元前三世紀中，秦始皇焚書坑儒，燒燬了不少古代典籍，幸而天官星占的書籍，沒有被燒去。到了漢景帝、武帝之際，司馬談、司馬遷父子先後任太史之職，著有《天官書》，載入《史記》（約公元前九十年完成）。《天官書》的寫法很有系統，首先叙述中、東、南、西、北五宮的恆星和星座，接着詳細討論五星的運行和逆行，然後按二十八宿和地上各分野在占星術上的關係，解釋日月的變異、彗星、流星、雲、氣（包括極光 aurora borealis）、地震和收成豐歉等現象，最後司馬遷寫下自己的感想作結。他指出自古以來，沒有一個統治者不細心觀察日、月、星、辰的。他又回顧過往中國在天文學上重要的進展，舉出一系列天文學家的名字，同時列舉以往不同時代的交食次數、不尋常的流星和它們所預兆或伴隨而發生的大

事。

公元一世紀間，著名的經學家、天文學家、煉丹家劉向（約公元前七七年——公元前六年），引伸《書經·洪範》中的占星論說，著《皇極論》，又稱《五紀皇極》。在漢代，有很多僞書出現，其中如《尚書緯考靈曜》、《易緯通卦驗》是關於宇宙論的書籍，其他的主要關於占星術。《尚書緯考靈曜》、《易緯通卦驗》已散佚，殘篇收在《古微書》中。

中國第二部正史《漢書》雖題班固（公元三二年——公元九二年）所著，但《漢書》未成，班固已逝世，書中《天文志》，大概是馬續在公元一〇〇年前後所撰。這時，西漢的歷史資料和東漢較進步的天文學知識結合起來。這批材料包括有計算合朔週期（synodical cycles）及交食預報的詳細資料，馬續都記載在《天文志》內。至於它的體例則仿傚《史記·天官書》。

西漢也是一個以發明原始渾儀著稱的年代。早期的渾儀大概由一個望筒和一個遊規（或旋儀）合成。其中一種是落下閎在公元前一〇四年設計的，另一種則由鮮于妄人在公元前七八年製成。不過，這類渾儀的年代可能較早，說不定甘德和石申在此之前兩世紀已經使用了。到了公元前五七年，耿壽昌進行改良舊有渾儀的工作，他在渾儀上加上恆定赤道環（古稱"天常"）。落下閎、鮮于妄人和耿壽昌在編造曆法方面也有相當貢獻，而數學家張蒼和劉歆等也曾參予造曆。

到了東漢，賈逵爲渾儀加上第三個環來測量黃道，稱爲黃道環或日道環。劉洪和蔡邕在公元一七八年合撰《律曆志》，載有黃赤交角（obliquity of the ecliptic）的資料。東漢最出色的天文學家，還是張衡（公元七八年——公元一三九年）。他在公元一二五年創造了歷史上第一座地動儀，並對渾儀作了

精心的改良。他在渾儀上增添“天經”(或作“陽經”)和“地緯”(或作“陰緯”)兩環，來測量子午綫和地平綫，而且成功地利用水鐘的動力轉動渾儀上的環圈。張衡著有《靈憲》一書，列出三百二十個星官，總共二千五百顆恆星。他又是宇宙論中渾天派的主要首創人。⑦

註 釋

① 《論語》，卷一，《爲政》，頁九下。

② 《孟子》(《四部叢刊》本)，卷八，《離婁》，頁十下。

③ 席澤宗:《伽利略前二千年甘德對木衛的發現》,《天體物理學報》,第一卷第二期,一九八〇年四月,頁八五至八八;席澤宗、鄭文光:《天文學史的研究》,《自然雜誌》，第二卷第四期，一九七四年四月，頁二一七至二一九；劉金沂：《木衛的肉眼觀察》，《自然雜誌》第四卷第七期，一九八一年七月，頁五三八至五三九。

④ 《晉書》，卷十一，《志》第一，《天文》上，頁二七七至二七八。其中“魏有石申”一句，標點誤作“魏有石申夫”。《中國天文學史》說石申一作石申夫，(頁二三)也可能誤據《晉書》標點本。

⑤ 同上，頁二九二。

⑥ 《史記》，卷三八，《宋微子世家》，頁一六三一。

⑦ 陳久金：《張衡的天文學思想》，《科技史文集》，第六輯，一九八〇年八月，頁二三至三一。

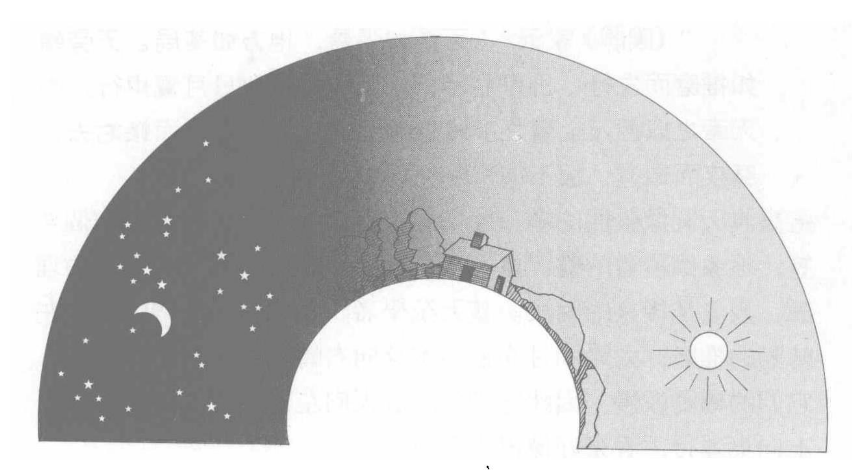
三　宇宙論學派

中國的宇宙論學派主要有蓋天、渾天、宣夜三派。① 蓋天說最早見於《周髀算經》，渾天說的主要始創人是張衡，而歷史上第一個和宣夜說聯繫在一起的是東漢的郄萌(或作郗萌)。

蓋天說是三種宇宙論中最古老的一種。《晉書·天文志》說:

"蔡邕所謂《周髀》者，即蓋天之說也。其本庖犧氏立周天曆度，其所傳則周公受於殷高，周人志之，故曰《周髀》。髀，股也；股者，表也。其言天似蓋笠，地法覆槃，天地各中高外下。北極之下爲天地之中，其地最高，而滂沲四隤，三光隱映，以爲晝夜。天中高於外衡冬至日之所在六萬里。北極下地高於外衡下地亦六萬里，外衡高於北極下地二萬里。天地隆高相從，日去地恆八萬里。日麗天而平轉，分冬夏之間日所行道爲七衡六間。每衡周徑里數，各依算術，用句股重差推晷影極游，以爲遠近之數，皆得於表股者也。故曰《周髀》。" ②

關於"周髀"一詞的含義，已經在本書數學部分討論過，《晉書·天文志》用"髀，股也；股者，表也"來解釋，是十分正確的。所謂"股"，指直角三角形直角旁的長邊；"表"，指測定日影長度的日晷的垂直的表。《周髀算經》說天好像一個斗笠，地好像一個倒覆的盤子，天和地的中心都是隆起的，而



圖五三　蓋天説意想圖

外部則低陷下去，（參圖五三）這就是蓋天派命名的依據。據蓋天說，北極的下面是天和地的中心，那裏的地最高，四面都向下傾斜，日、月、星交替出沒，形成晝夜。天的中心比太陽在冬至日所在的赤緯圈（即外衡）高六萬里，北極下的地比在赤緯圈下的地區也是高六萬里，而赤緯圈比北極下的地高二萬里，因此太陽離地的垂直距離永遠是八萬里，所以天穹和拱形大地的曲率都是一樣的，好像兩個同心的圓頂。而太陽附在天下，在冬夏兩季間以均勻的運動改變位置，它運行的軌道包括七個赤緯圈和赤緯圈之間的六條通道。計算各赤緯圈的直徑和週長里數，必須具備三角學的知識，應用相似直角三角形方法，測量日晷的表影，然後用數學方法計算出來。由於各種遠近的極的距離和運行的量度都可依據日晷的表和它所形成的直角三角形算出答案，所以這種方法稱爲"周髀"法。

蓋天派又試圖解釋天體運行的情況。據《晉書·天文志》載:

"《周髀》家云：'天員如張蓋，地方如棊局。天旁轉如推磨而左行，日月右行，隨天左轉，故日月實東行，而天牽之以西沒。譬之於蟻行磨石之上，磨左旋而蟻右去，磨疾而蟻遲，故不得不隨磨以左迴焉。'"③

這裏說天圓像張開的傘，地方象棋盤，和上面所說天象一個斗笠，地象倒覆着的盤，並不完全相同。前者是蓋天派最初的理論，後者是後來的說法。蓋天派學者認爲天好像一個傾斜向左轉動的推磨，太陽和月亮雖然本身向右轉動，但天的轉動快，它們的轉動較慢，因此它們又隨着天向左轉動，所以它們實際上向東運行，看來好像沒入西方。

此外，蓋天派又解釋太陽出沒及冬日短、夏日長的原因。《晉書·天文志》引述如下：

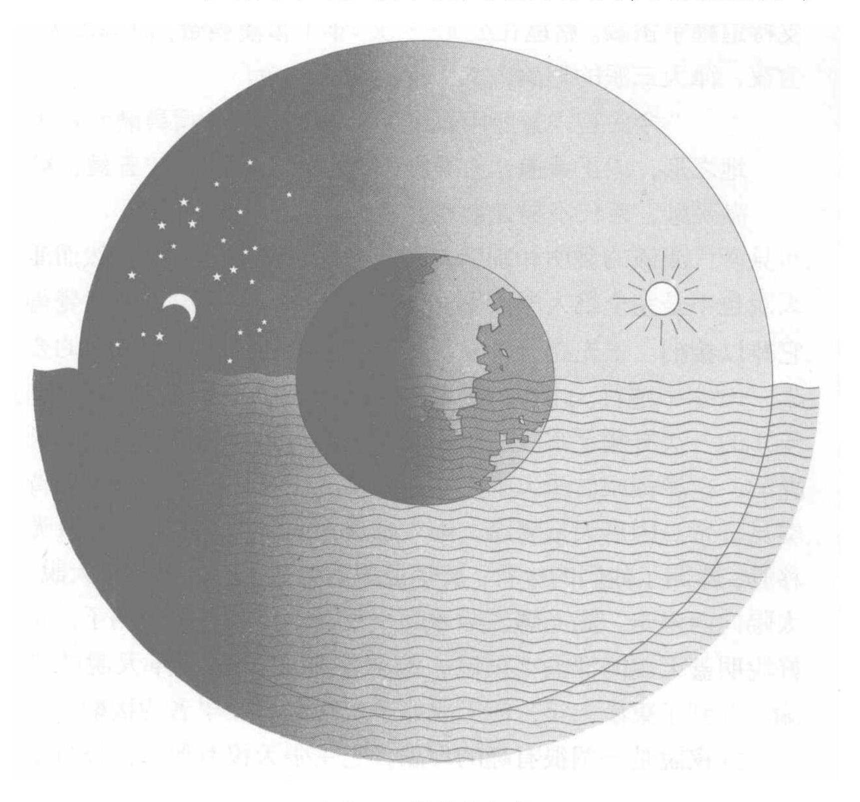
"天形南高而北下，日出高，故見；日入下，故不見。天之居如倚蓋，故極在人北，是其證也。極在天之中，而今在人北，所以知天之形如倚蓋也。日朝出陽中，暮入陰中，陰氣暗冥，故沒不見也。夏時陽氣多，陰氣少，陽氣光明，與日同輝，故日出即見，無蔽之者，故夏日長也。冬天陰氣多，陽氣少，陰氣暗冥，掩日之光，雖出猶隱不見，故冬日短也。"④

蓋天派認爲太陽的東升西沒，是由於遠近所致。因爲天像一把傾斜的傘子，南面（即天頂和赤道）高、北面（即黃道）低，因此證明北極是在人的北面；由於北極在天的中央，而且人在北面，也證明天的形狀像一把斜放的傘子。蓋天派以斜放的傘子比喻天，可見他們的天文觀測包括極軸傾斜度在內。至於夏日長、冬日短，蓋天派則以爲是陽氣和陰氣盛衰產生的結果。

渾天說大概在戰國時已開始流行，但這個理論最早的代表

人物是西漢的落下閎，揚雄（公元前五三年——公元十八年）在《法言》中指出，渾天說是由落下閎開始提倡，而由鮮于妄人進行測量，並由耿壽昌在他發明的渾儀中引證。這種宇宙論主張天地的關係好像鳥卵殼包着卵黃那樣，天的形狀渾圓如彈丸，所以稱爲"渾天"。（參圖五四）張衡在《靈憲》及《渾儀注》詳述了這個學說，現徵引後者如下：

"天如鷄子，地如鷄中黃，孤居於天內，天大而地小。



圖五四　渾天說意想圖

天表裏有水，天地各乘氣而立，載水而行。周天三百六十五度四分度之一，又中分之，則半覆地上，半繞地下，故二十八宿半見半隱，天轉如車轂之運也。”⑤

所謂“地如鷄中黃”，顯示大地也是球形的。渾天派認爲好像卵子的天球裏盛着水，而地球就浮載在水面。張衡以後，闡釋渾天説的學者有很多，如楊泉的《物理論》、王蕃的《渾天象説》，都是較有名的著作。後來，東晉著名的煉丹術家葛洪也支持這種宇宙論。蔡邕在公元一〇〇年上書漢靈帝，討論蓋天、宣夜、渾天三派的理論，其中提到渾天派説：

“今史官候臺所用銅儀則其法也，立八尺員體而具天地之形，以正黃道，占察發斂，以行日月，以步五緯，精微深妙，百代不易之道也。”⑥

可見漢代渾儀的發明和創造，和渾天説有密切的關係。然而渾天説也不是完全爲人所接受。例如東漢的大思想家王充就覺得它難以接納。王充認爲太陽是陽的要素，它沒有理由在陰的要素——水中運行。此外，揚雄和桓譚（公元前？——公元五六年）的一次有關宇宙論的辯論，也値得一提。揚雄是相信蓋天説的，桓譚卻相信渾天説。有一回兩人坐在白虎殿廊下，等待奏見皇帝。因爲天氣寒冷，兩人都讓太陽曬着身體，不久日光移動，離開了他們的後背，於是桓譚對揚雄説，如果按蓋天説，太陽向西邊走，陽光應該照着廊下東面，現在日光移開了，正好説明蓋天説的理論不正確，接着還對揚雄講解渾天説的理論。⑦到了東漢末年，渾天説似乎已得到一般學者的接納。

宣夜説是一個很有趣的理論，它主張天沒有形質，沒有止境，日月衆星飄浮空中，動和靜都依靠着“氣”的支持。這種宇宙觀比起束縛了歐洲天文學思想一千多年的亞里士多德和托

勒密的呆板的同心水晶球(concentric crystalline spheres)先進得多。

歷史上第一個和宣夜說聯繫在一起的學者，是公元二世紀時的郄萌。《晉書・天文志》說:

"宣夜之書亡，惟漢祕書郎郗萌記先師相傳云:'天了無質，仰而瞻之，高遠無極，眼瞀精絕，故蒼蒼然也。譬之旁望遠道之黃山而皆青，俯察千仞之深谷而窈黑，夫青非眞色，而黑非有體也。日月衆星，自然浮生虛空之中，其行其止皆須氣焉。是以七曜或往，或順或逆，伏見無常，進退不同，由乎無所根繫，故各異也。故辰極常居其所，而北斗不與衆星西沒也。攝提、塡星皆東行，日行一度，月行十三度，遲疾任情，其無所繫著可知矣。若綴附天體，不得爾也。'"⑧

宣夜派透過日常經驗的方法，提出天由"氣"所形成，"高遠無極"，實是很有價值的看法。他們又指出日、月和五大行星各有不同的運動規律，北極星固定不動、北斗星環繞北極轉移，而不是東升西落，攝提(木星)和塡星(土星)卻是自西向東行。至於其中原因，宣夜派還是不詳究竟，所以祇說"無所根繫"而已。

宣夜說得到中國歲差的發現者虞喜的支持。自從宣夜說出現以後，有些人認爲天如果沒有一層硬殼，日、月、星辰祇在氣中飄浮，難免有一天會掉下來。虞喜在公元三六六年著《安天論》，否定上述說法，提出下面的意見:

"天高窮於無窮，地深測於不測。天確乎在上，有常安之形；地魄焉在下，有居靜之體。當相覆冒，方則俱方，員則俱員，無方員不同之義也。其光曜布列，各自運行，

猶江海之有潮汐，萬品之有行藏也。”⑨

所謂“天高窮於無窮”，是指宇宙是無窮無盡的，其次，虞喜認爲日、月、星辰的運行，好像海洋的潮汐一樣有規律，比起郄萌所說天“高遠無極”及七曜“進退不同，由乎無所根繫，故各異也”的見解精確得多。最後，他說天地“無方員不同之義”，也推翻了天圓地方的說法。

“蓋天”和“渾天”兩詞的意義相當明顯，但“宣夜”兩字，並不容易了解。虞喜認爲“宣、明也；夜、幽也”，⑩即指光明和黑暗。清代學者鄒伯奇（公元一八一七年——公元一八六七年）則謂：“宣勞午夜，斯爲談天家之宣夜乎？”即是說，宣夜說的得名是因爲觀測星星至深夜不眠有關。⑪現代西方學者如佛爾克（A. Forke）及皮尼（C. Puini）認爲應解作“無所不在的夜”（all pervading night）。⑫

馬伯樂認爲中國宇宙論的第四種理論載於《淮南子·天文訓》中。這個理論指出太陽在中天時，比它在日出或日落時離地面的距離遠五倍，彷彿是說天好像一個橢圓形的外罩或外殼。

在上述幾種宇宙論中，蓋天說一直流傳到公元六世紀，梁武帝蕭衍（公元四六四年——公元五四九年；公元五〇二年——公元五四九年在位）甚至於公元五二五年在長春殿召開會議，正式採納這個學說。在五、六兩個世紀，信都芳等學者卻努力調和蓋天說和渾天說。但在六世紀以後，官修史都以渾天說爲唯一正確的理論。公元十一世紀，理學家張載（公元一〇二〇年——公元一〇七七年）承襲了宣夜說，在《正蒙》提出“太虛無體”論，認爲地是純陰氣所形成，凝聚於宇宙的中心，天是浮動的陽氣，環繞着宇宙邊緣左轉，而固定的星體隨着激烈

轉動的氣不停旋轉。由於太陽、月亮和五大行星這樣接近地球，因此地球的氣妨礙了這些天體向前運行，但它們運行速度減慢的程度，取決於它們本身的構造，如日屬陽，所受的影響最少，月屬陰，所受的影響最大。至於第四種宇宙論的資料很少，而且談不上有甚麼影響。

在歐洲希臘化時代和中世紀時代，西方天文學家受到正統宇宙論學說的束縛，一致認爲天體是固定在一組物質性的同心球（concentric material spheres）內。在中國方面，雖然自六世紀以後官方採納了渾天說，但中國天文學家沒有受到它的約束。

註 釋

① 關於三派的宇宙論，詳參 Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 3, pp. 210-223; 鄭文光、席澤宗：《中國歷史上的宇宙理論》（北京、人民出版社，一九七五年），頁五八至八十；鄭文光：《中國天文學源流》，頁一九四至二五三；鄭文光：《中國古代的宇宙天限理論和現代宇宙學》，《科技史文集》，第一輯，一九七八年十一月，頁四四至五八；陳久金：《渾天說的發展歷史新探》，同上，頁五九至七四。

② 《晉書》，卷十一，頁二七八至二七九。

③ 同上，頁二七九。

④ 同上。

⑤ 同上，頁二八一。馬國翰所輯《渾儀注》，並無此節，見《玉函山房輯佚書》，卷七十六。

⑥ 《晉書》，卷十一，頁二七八。

⑦ 這則故事見桓譚《新論》，又載於《太平御覽》卷二及《晉書·天

文志》等書。

⑧ 同註②。

⑨ 虞喜:《安天論》(載馬國翰: 《玉函山房輯佚書》, 卷七十七), 頁一上下; 又見《晉書 · 天文志》引, 頁二七九至二八〇。

⑩ 《 安天論 》, 頁二上。

⑪ 參看鄭文光、席澤宗: 《中國歷史上的宇宙理論》, 頁七五。

⑫ Needham, *op. cit.*, *p. 210*

四　中國天文學上的恆星和星座

自從歐洲科學革命以後，天文學和占星術就分途而行；但在中國，兩者始終有密切的關係。中國的"天文"指對太陽、月亮、行星、恆星、彗星和氣象等觀察，以及從而推知的預兆。天文儀器和宇宙理論也包含在天文學的研究範圍。編制曆法也成爲司天監部分的工作。中國的皇帝就是希望通過天象的觀察來了解天數、氣數和曆數，使他們能夠預知自己及朝廷的命運，從而做一些趨吉避凶的工作。中國占星術和西方占星術服務的對象不同，它祇預測帝王、王官貴人及地方行政區的吉凶，從不占驗百姓個人的命運。我們將從這個角度研究一下中國天文學上的恆星和星座。①

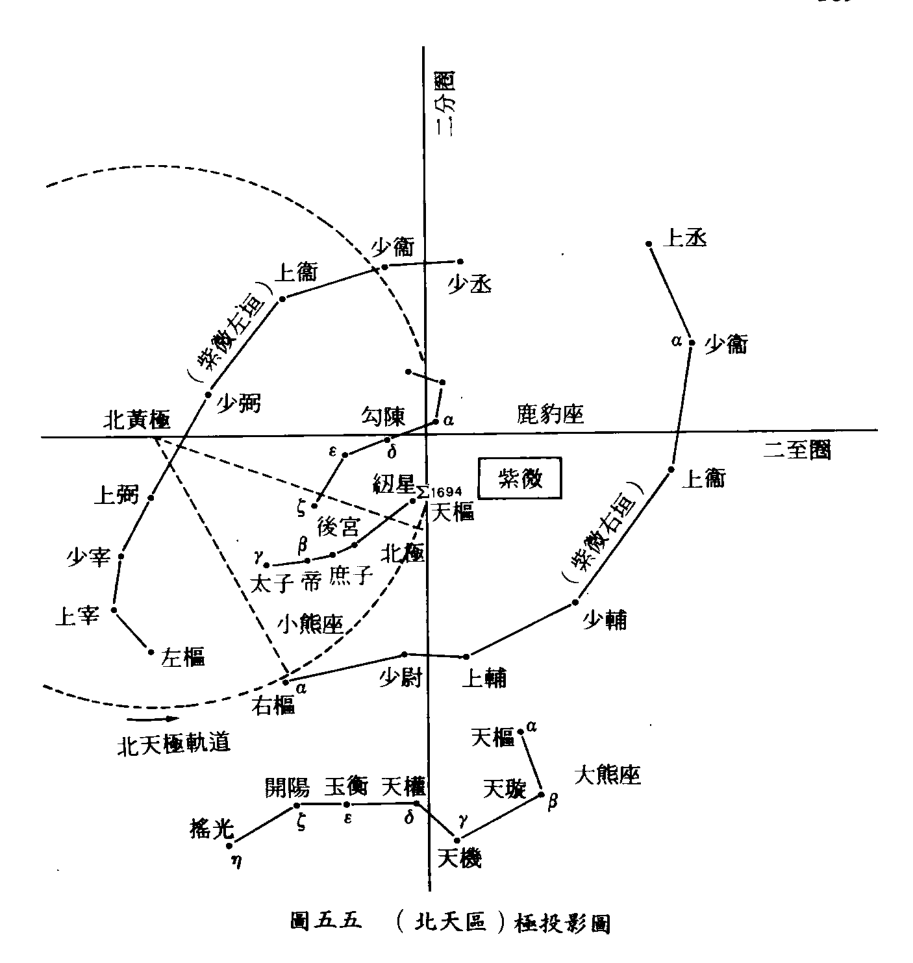
北極星是中國天文學上最重要的恆星。因爲它好像在天空固定不動，而其他星體環繞着它運行，中國天文學家便以北極星爲標準來衡量其他星體的角距離。在中國占星術來說，北極星代表中國的皇帝。現代天文學告訴我們，當地球環繞太陽運行時，地軸並不保持固定的方向，而是不斷地發生變化的。地軸的長期運動稱爲歲差，它的速度是約二萬六千年旋轉一週，每超一度約需$71\frac{3}{4}$年。我們現在的北極星是小熊座α星，但因爲歲差的關係，它並不是中國古代天文學家如二千年前司馬遷

所見的北極星。

如果我們參看一幅北天區的極投影星圖，就會發現現在的北極星大致接近圖的中央，這個中央是由二分圈和二至圈兩條軸綫垂直橫截而成。沿着二至圈，我們會發現北黃極，它約離兩分至圈的相交點的北天極二十三度。如果以北黃極爲中心，以它和北天極之間的距離爲半徑來劃一個圓圈，便能得出從前及未來北天極的軌道。北天極的軌道是從反時針方向而行的，每$71\frac{3}{4}$年移動一度，那麼在公元七世紀唐代天文學家一行的時候，紐星（Pivot Star，即鹿豹座〔Camelopardi〕Σ1694 ）最接近北天極，它便是當時的北極星。（參圖五五）

現在的北極星小熊座α在中國的勾陳星官中，紐星則屬北極星官，對中國占星家來說，勾陳和北極都是重要的星官。這個區域的恆星代表皇帝和皇室中人如皇后、太子、王妃、王子等。圍着這個區域的星官是根據供役於皇帝或皇室的官員或政府部門而命名。這些恆星被兩列恆星好像圍牆般環繞着，仿似地上皇宮的城牆。事實上，它們形成天上皇宮的左右兩垣，而中間的地區就是紫微垣。

在紫微垣右垣外，有一個十分惹人注目的星座——北斗星座（英文的名稱很多，如 the Plough, the Big Dipper, the Great Bear 及 the Bushel）。北斗座共有七星，即大熊座α、β、γ、δ、ε、ζ、η，中國名稱分別是天樞（北斗一）、天璿（北斗二）、天璣（北斗三）、天權（北斗四）、玉衡（北斗五）、開陽（北斗六）和搖光（北斗七）。前四顆星合爲斗形，故名斗魁，或稱魁星；後三顆組成斗柄，或稱斗杓。如果把斗魁最先的兩顆星天樞、天璿用綫連起來，並且向北（即向着斗



圖五五 （北天區）極投影圖

魁的開口）延長，它便會和現在的北極星相遇，其中的距離相等於天樞和天璿之間的距離五倍。

因爲歲差的緣故，北斗漸漸遠離北天極。作一個譬喻說，它在二千五百年前所處的位置比現在的位置更高，而且更接近北極。當時斗把好像一支時針，從逆時針方向環繞北極運行。

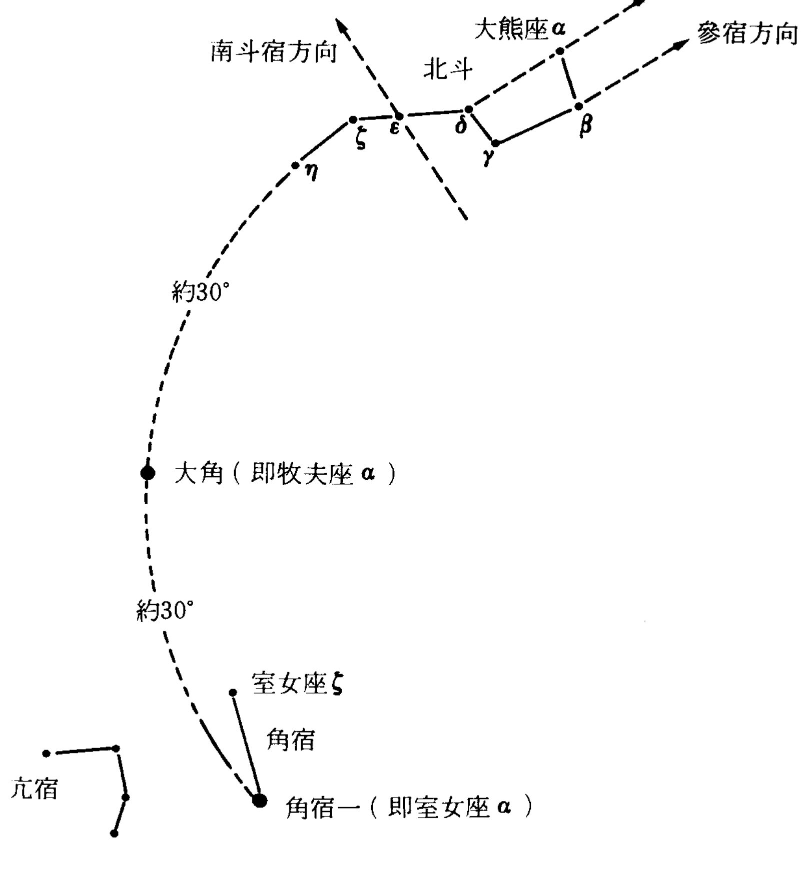
據司馬遷的記載，四季可從北斗柄的位置來決定，如在黃昏的時候，當斗柄指向東，而角宿一（Spica，即室女座〔Virginis〕α）剛升至地平綫，就是立春。所以司馬遷說:

"分陰陽，建四時，轉節度，定緒紀，皆繫於斗。"②

道教徒認爲北斗共有九星，其中七顆爲常人所見，就是世人所稱的北斗七星，另外兩顆祇在特殊的情况下才可以看見。其實北斗原有九星之說並不是道教徒所倡，早在戰國時的《星經》已有記載。如果我們把斗柄用綫延續下去，便會經過牧夫座（Boötes）。前文說過，北斗現在可能比從前離北極較遠，而且向地平綫下移。或許在三、四千年前當北斗在較高的上空時，它本由九顆星組成，後來當它離開北極，斗柄末的兩顆星降下了地平綫，因而古代中國天文學家辨認出北斗有九星，而我們祇見到七顆。李約瑟認爲招搖（大概是牧夫座 γ）可能是其中一顆"失去"的星。它約在公元前一五〇〇年前後離開恒顯（perpetual visibility）圈。③如果這個推論是正確的，中國天文學的歷史遠比西方學者推測的久遠。

時常可以看見的北極周圍的空間名叫中宮，天上其他部分則分爲四宮，即東宮蒼龍、西宮白虎、北宮玄武和南宮朱雀。沿着赤道附近分佈在四宮之間的是二十八宿，因爲現在北極位置改變了，所以二十八宿在古代比現在更接近赤道。"宿"字解作星的位次時音 xiù，但把它讀作 sù，意思是住宿、過夜或住宿的地方。橋本增吉認爲天空的分區一定是作爲太陽、月亮和五大行星的臨時休息站，好像地球上沿路設有茶室一樣，不過天上的休息站主要是爲月亮而設的。從地球的角度來看，月球環繞地球一週，需時29·53日；但從恆星的角度看來，祇需

$27\frac{1}{3}$日。前者稱爲朔望月，後者稱爲恆星月，這兩個月的週期的平均數是二十八，大概因此用作爲宿的數目。二十八宿按四宮分組，每宮七宿，東宮的宿有角、亢、氐、房、心、尾、箕，北宮的宿是南斗、牛（牽牛）、女(須女)、虛、危、室(營室)、

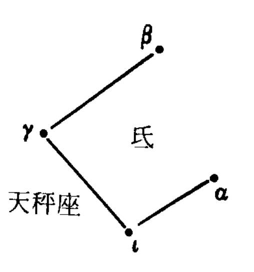


圖五六　二十八宿圖（一）

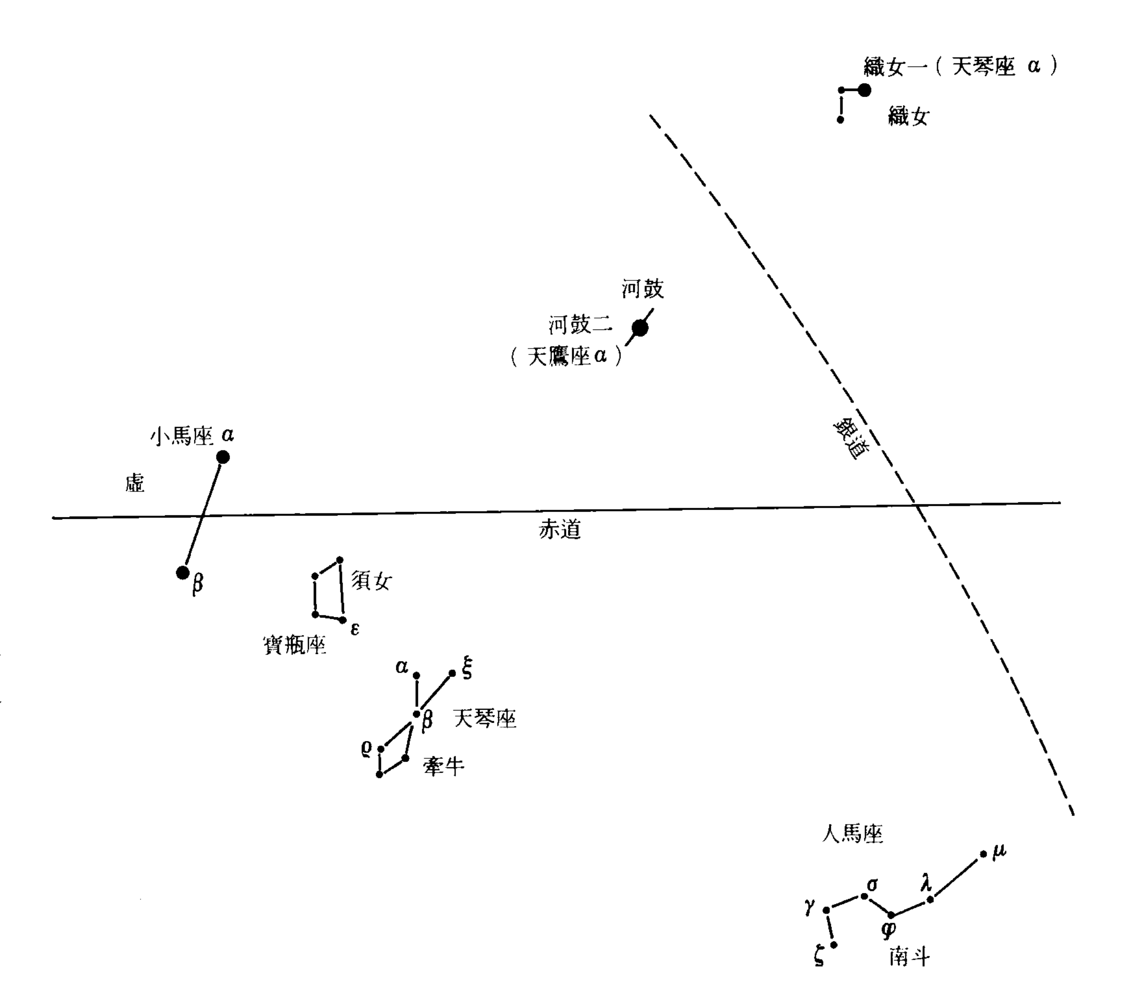
壁（東壁），南宮的七宿是井（東井）、鬼（輿鬼）、柳、星（七星）、張、翼、軫；西宮七宿是奎、婁、胃、昴、畢、觜（觜觿）、參。

我們可以利用北斗來確定上述一些宿的位置。首先用圓形的弧連接斗柄最後的兩顆星，並把弧向後延長，它會在三十度的角距離外經過大角（Arcturus，即牧夫座 α）這顆非常光亮的星。如果再把弧形延長三十度，便會遇到二十八宿的第一宿角的主星角宿一（即室女座 α）。（參圖五六）在角宿東面是第二宿亢、第三宿氐、第四宿房、第五宿心和第六宿尾，它們都屬現代的星座中的天蝎座。（參圖五七）在尾的東面是第七宿箕，箕的東面是第八宿南斗，它的形狀好像小型的北斗。假如把大熊座 α 和 δ 兩星用綫連接起來，並從 ε 劃一條綫平行它，這條綫會經過南斗。在南斗東面是第九宿牽牛和第十宿須女。這兩宿的星的光度都是較微弱的。竺可楨曾經指出，現在的牽牛並不是中國古代的二十八宿之一。中國古代所指的牽牛宿是在較北近銀河的河鼓，它原來叫做牽牛。在大約公元前二四〇〇年，河鼓位於銀河的南面，在它對面的，就是銀河另一邊的織女一（Vega，即天琴座〔Lyra〕α），這顆光亮的星屬於須女宿。牛郎、織女的美麗神話故事就由此而來，盛傳中國民間。後來，因爲歲差的關係，牽牛織女兩星就向北移離開天球赤道，因而被另外兩個星官取代了它們的宿位和接收了它們的名稱，這就是現在的牛宿一（摩羯座〔Capricornus〕β）和女宿一（寶瓶座〔Aquarius〕ε），而原來的牛宿卻被改稱爲河鼓。④（參圖五八）

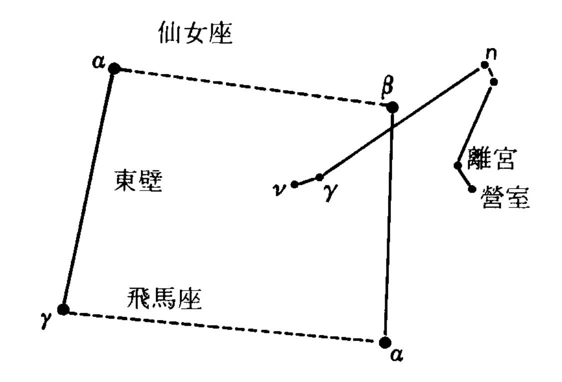
須女的東面是第十一宿虛、第十二宿危、第十三宿營室和第十四宿東壁。東壁的兩顆亮星和營室最光亮的兩顆星組成現

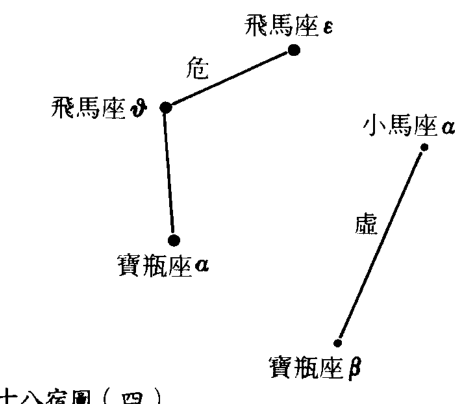


圖五七　二十八宿圖（二）



圖五八　二十八宿圖（三）

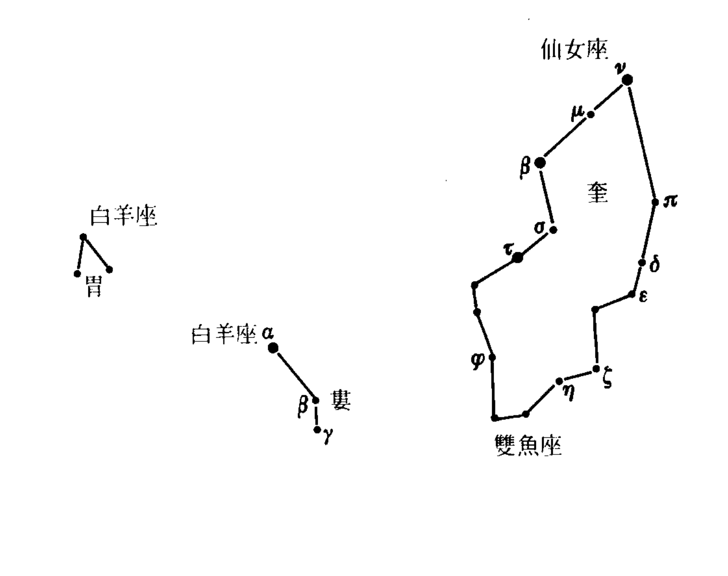




圖五九　二十八宿圖（四）

代星座中著名的飛馬座大正方形(Great Square of Pegasus)。(參圖五九)從肉眼可看到這個大正方形內有三十多顆微亮的星,其中有些是我們所知道最遠的物體。構成飛馬座大正方形的四顆星就是希臘神話中飛馬的肩膊。這匹飛馬載着掌管文藝、音樂、天文等的九位希臘女神繆斯(The Muses)遨遊天空。

接着的是位於仙女座(Andromeda)和雙魚座(Pisces)的第十五宿奎,及在白羊座(Aries)的第十六宿婁和第十七宿胃。

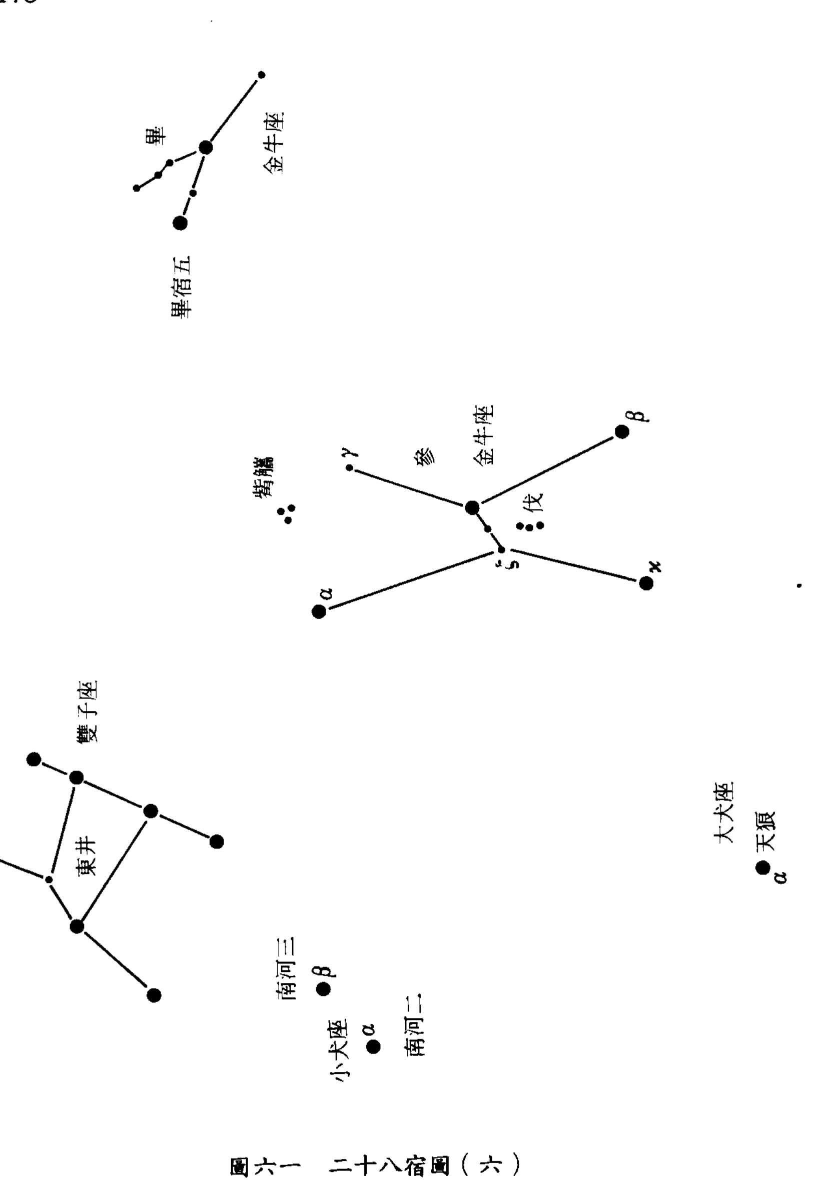


圖六〇　二十八宿圖（五）

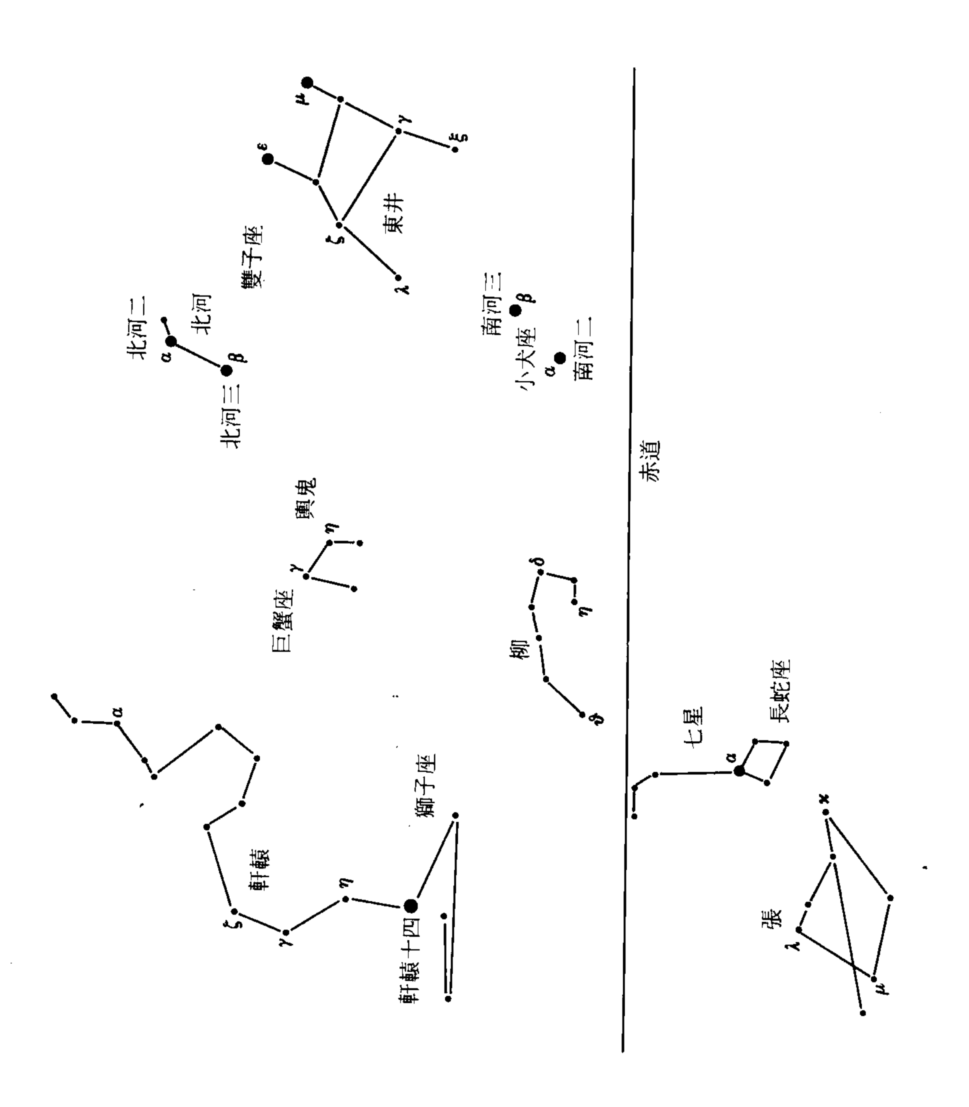
隨後的是第十八宿昴，它由金牛座（Taurus）中一個細小的、但惹人注目的昴星團(Pleiades)合成。昴星團又名“七姊妹星團”（Seven Sisters）。世界上的古國如埃及等有關這個星團的傳說和神話很多。它雖然以“七”命名，但正常肉眼祇能看到其中的六顆星，視力極好的人可以看到九或十顆。在昴星團旁是第十九宿畢，以畢宿五（Aldebaran，即金牛座 α）最光亮，好像金牛座的眼睛。（參圖六十）金牛座一直向後移動，面對着向它邁進的獵戶座。

我們同樣可以用北斗來確定畢宿五和獵戶座的位置。前面說過，如把斗魁最前兩顆星用綫連接並向北延長，這條虛設的綫會在它的長度五倍的距離外與北極星相遇。如果以另一條虛設的綫和前綫直角相切並向南伸展到銀河另一邊，這條新綫便會經過畢宿五。我們又可以劃兩條綫分別把大熊座 δ 和 α 及 γ 和 β 接合起來，而且把兩條綫向外延長，它們便會穿過獵戶座，亦即第二十一宿參。獵戶座是天上最壯觀的景象之一，在它後面的大犬座（Canis Major）和小犬座（Canis Minor）彷彿是它的兩頭獵犬，而它好像永遠和金牛座交戰，同時不停地發出攻勢。它腰部的三顆星組合爲它的腰帶，上面懸掛着一把匕首或戟，中國天文學家稱爲伐星。獵戶座的腰帶指向大犬座的天狼星（Sirius），是天空中最明亮的星。無巧不成話，它的中國星名也是天狼。（參圖六一）

第二十宿觜觿是獵戶座上一個很小的星官，它的部分位置被第二十一宿參佔據了。獵戶座的東北面是第二十二宿東井，它屬於雙子座（Gemini），其中北河二（Castor,即雙子座 α）和北河三（Pollux，即雙子座 β ）最爲明亮，而且也是中國天文學上北河和南河兩星官中的主星。在更東的天空是第二十三

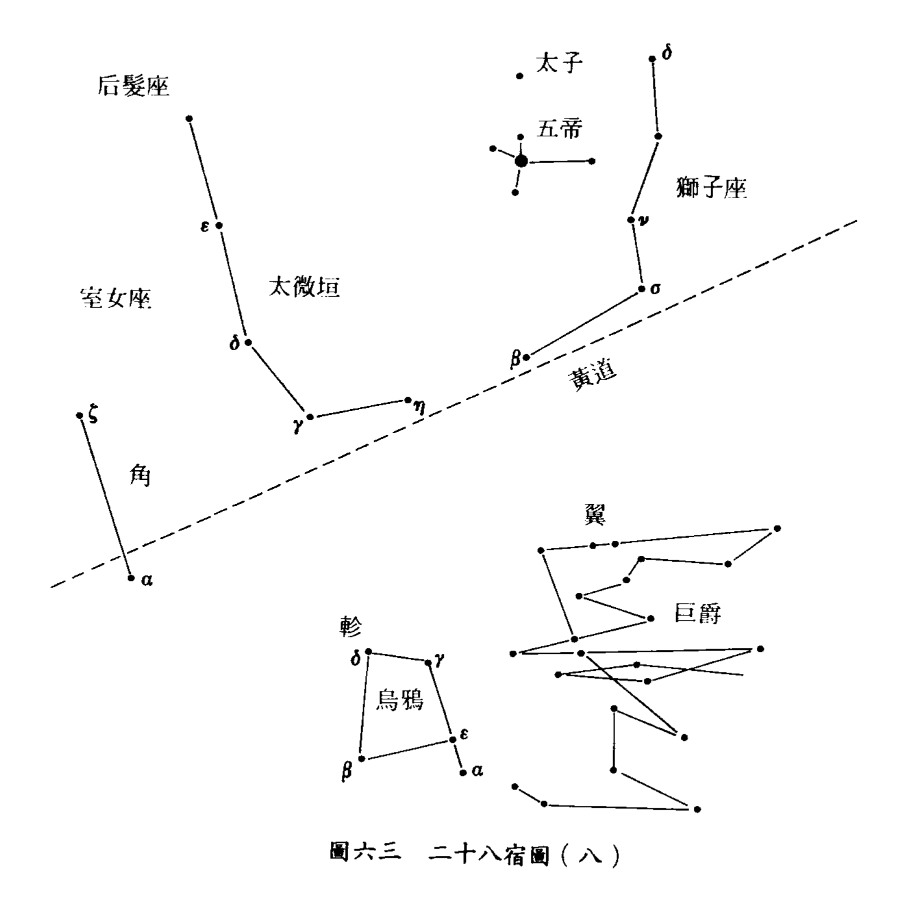


圖六一　二十八宿圖（六）



圖六二　二十八宿圖（七）

宿輿鬼，它由巨蟹座（Cancer）中四顆不甚光亮的星組成。在它南面是第二十四宿柳，屬於長蛇座（Hydra）的範圍內。（參圖六二）長蛇座好像一條海蛇在天空中自南面向東逶迤，到抵達室女座下面爲止。第二十五宿七星和第二十六宿張也在長蛇座內。張的北面有一個重要的中國星官名叫軒轅，其中以軒轅十四（Regulus，即獅子座〔Leo〕α）最爲光亮。第二十七



圖六三　二十八宿圖（八）

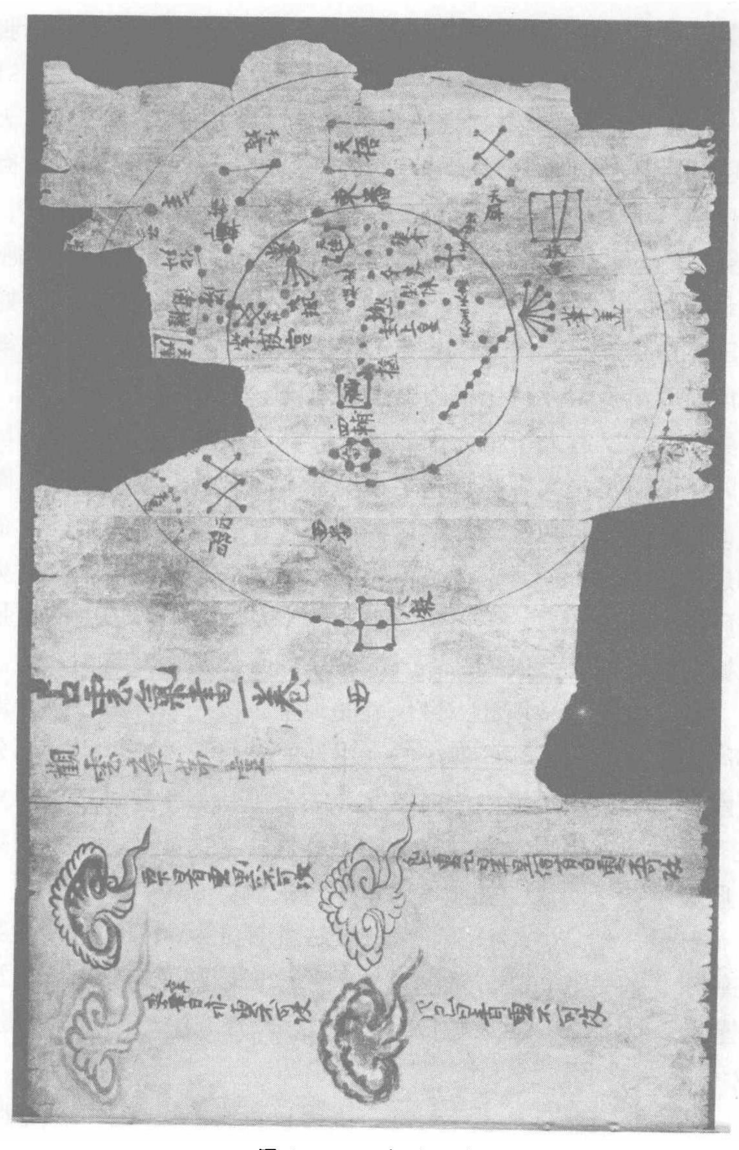
宿翼在更東面的巨爵座（Crater）內，第二十八宿軫則在烏鴉座（Corvus）之內，而軫宿的東面就是第一宿角。（參圖六三）

二十八宿外，又有三垣的名稱。三垣指紫微垣、太微垣、天市垣。紫微垣包括北天極附近的天區，相當於拱極星區。太微垣在第二十七宿翼和第二十八宿軫的北面，包括獅子、室女、后髮（Coma Berenices）等星座的一部分。天市垣在天蝎座的北面，包括蛇夫（Ophiuchus）、武仙（Hercules）、巨蛇（Serpens）、天鷹（Aquila）等星座的部分天區。從占星術的角度看來，太微垣比天市垣更爲重要。太微垣裏有五帝座，象徵皇帝；又有太子星，代表地上的儲君。此外，形成這個垣的屏藩的恆星，代表將軍和丞相等官。由於黃道剛巧經過太微垣下，我們不難想像爲甚麼這個垣很適合占星術上的目的。這即是說，因爲日、月、行星會行經太微垣，因此給占星家有更多發揮理論的機會。天市垣的重要性不及太微垣，垣中的恆星是據春秋戰國各諸侯國命名，這些星名必然是在當時創造的。

中國人把紫微垣和太微垣外的天空，按照地理區域劃分爲不同的部分。除了一些較小的天邊地區相應於外國外，大部分天區都是依照中國境內的區域劃分的。因此當一顆彗星或客星在五帝官附近出現，便是皇帝的不祥預兆。又如在天蝎座 μ 東 7 度發現同一現象，就顯示北京將有災難。

日暈、幻日、幻日弧、顏色雲、北極光及類似的氣象觀察在戰爭之前尤其重要。透過這些天象，一個聰明的將軍會推測到戰果，因爲它是由天數決定的。例如敦煌卷中的《占雲氣書》說：

“庚辛日赤雲不可攻，戊己日青雲不可攻。”⑤（參圖六四）



圖六四　　占雲氣書

這兩句話可用五行相剋的理論加以解釋。庚、辛都屬金，紅是火的顏色，而火能剋金。戊、己屬土，青是木的顏色，木能剋土。因此，古代中國人相信當上天顯示被剋的徵兆時，仍然發動進攻，就註定會戰敗了。

註 釋

① 我們必須指出，由於不同時代的人對星空的認識並不相同，他們或會以不同的星來組成同一星座的形象，所以在不同時代的星圖中，許多星座的形象都不一致。本書所列各星圖，目的在提供讀者一個基本的概念，並沒有根據一固定時代的星圖而繪製。

② 《史記》，卷二七，《天官書》，頁一二九一。

③ Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 3, p. 150.

④ 參看竺可楨：《二十八宿起源之時代與地點》，《思想與時代》，第三十四期，一九四四年五月，頁一至二五；及錢寶琮：《論二十八宿之來歷》，《思想與時代》，第四十三期，一九四七年三月，頁十至二十。

⑤ 《占雲氣書》最近已影刊出版，載《中國文物》，第一期，一九七九年十月，頁八至十；這兩句引文見頁八。

五　從漢代至唐代中國天文學的發展

漢代日食的紀錄，引起許多天文學家和漢學家的注意。其中有些日食的記載，詳盡可靠，可從計算中驗證出來。另一些雖然不這樣正確，但如果我們相信記載上有些微錯誤，它們還是可以驗明的。然而，有些例子很令人懷疑，如有幾次日食，用現代的計算方法可證實它們沒有發生過；又有若干用現代方法推算出來的日食，卻不見諸文獻。後者的情形，似乎不是因爲天氣惡劣所造成，因爲失載的日食在一年十二個月中分佈得很均勻，而事實上祇有在季風期間才不利於天文觀察。艾伯華認爲日食的數目可能因爲政治理由而有所增減，如爲了批評朝廷便會增加一些，而當皇帝勤政愛民時就減少它的次數。他又提出有些不可能發生而見於記載的日食，或因同樣政治理由，而被紀錄下來。效鷰（Dubs）卻不同意這個說法。他認爲現存漢代天文紀錄中所載不可能發生的日食，是史官記載錯誤的結果。

由於中國人相信“上天示警”的天人感應學說，所以除日食外，其他“不祥之兆”如彗星、太陽黑子等現象，在政治清明時期的紀錄也較朝政腐敗時期爲少。①弗蘭克（Herbert Franke）在研究元代日食紀錄時指出，在元朝末代的順帝在位時，災異的記載比平常特別多。②

中國天文學到了東漢有很大的進步，如劉洪創造測量黃赤交角的儀器，賈逵和張衡先後在公元一〇三年和一二五年製造渾儀，張衡更是地動儀的創始人。

三世紀時，王蕃、姚信撰成宇宙理論的著作。四世紀時，虞喜發現歲差，他的《安天論》還有一些片段流傳下來。以後的一個世紀中，錢樂之曾經繪製星圖，可惜後來散佚了；數學家祖暅之著有《天文錄》一書，後來雖然也失傳了，幸而《開元占經》載錄了該書部分篇章，現在還見到它的一鱗半爪。到了六世紀，道人王希明（道號爲丹元子）撰寫《步天歌》的天文詩，而李播著成《天文大象賦》，描寫天上各大星官。

李播就是唐代著名數學家李淳風的父親。李淳風在公元七世紀時與長孫無忌（？——公元六五九年）合撰《晉書》和《隋書》的《天文志》，他除了是一位偉大的數學家外，同時是著名的占星家。

八世紀是中國天文學史上的蓬勃時期，也可說是密宗高僧一行的時代。一行是中國歷史上最偉大的數學家和天文學家之一，③俗名張遂，曾祖父名張公謹，是唐太宗李世民（公元五九九年——公元六四九年；公元六二九年——公元六四九年在位）的功臣。公謹有三個兒子，名叫大象、大素、大安，都是朝廷大臣，但因文獻無徵，已不知誰是一行的祖父。一行的父親名張檀，曾任縣令。張氏家族在武則天（公元六二四年——公元七〇五年；公元六九〇年——公元七〇五年在位）時代已經衰微，而一行在武氏正式稱帝前幾年（公元六八三年）出生。一行自幼聰穎過人；稍長，博讀經史書籍。爲了增加學識，他往元都觀拜謁博學多聞的道士尹崇。崇因一行虛心向學，極爲嘉許，除予以諄切指導外，並且借書籍給他閱覽。又鼓勵他研

讀揚雄的《太玄經》。這部書內容隱晦，文詞艱澀，並不是常人所能領略，但一行在幾天後便讀完全書，交還給尹崇。尹崇起初以爲一行囫圇吞棗，不求甚解，但當一行把劄記向他請教時，卻讚不絕口，向外宣揚一行的學問，並且因自己能夠發掘天才而自慰。

一行自此以學識淵博聞名於長安，後來爲了避開武三思（？——公元七〇七年）的拉攏，毅然在嵩山的嵩陽寺剃度出家，改名敬賢，法號一行。他所以遁世絕俗，除了避免社會糾纏外，也可能希望藉此接觸對天文、曆法有修養的高僧，就近請益，以求獲得更深邃的造詣。當他在嵩陽寺時，主持普寂禪師對他的卓越表現，十分讚賞。有一次，嵩陽寺舉行盛會，邀請四方沙門蒞臨觀禮，著名的隱士盧鴻也在會列。盧鴻被邀請爲大會撰寫一篇紀念文。寫成後，盧鴻把它放在几案上，滿以爲這篇文章句僻字古，深奧難解，並不是常人所能讀通的，便對大家說如果有人能夠諷誦這篇文章，就立即收他爲弟子。誰料到一行前去拿來一看，便微笑地放回案上。盧鴻看見一行的情形，頗爲不滿，正想指斥他輕薄，但當他想開口的時候，一行忽然回頭望着他，而且在瞬息間把整篇文章背誦出來。盧鴻十分驚訝，並告訴普寂，一行不是他所能教導的，應該讓一行自己遊學。

一行在嵩陽寺期間，除研習內典外，還致力於天文曆數的研究。不久他辭別普寂，開始雲遊求道的生涯。一行經過長途跋涉，到達天台山的國清寺。當時國清寺有一個數學專家（姓名已不詳），一行此行的目的，就是專誠向他學習，充實數學知識。據唐人鄭處誨的《明皇雜錄》記載：

"一行因窮大衍，自此訪求師資，不遠千里。嘗至天

台國淸寺，見一院古松數十步，門有流水，一行立於屛間，聞院中僧於庭布算，其聲簌簌，旣而謂其徒曰：‘今日當有弟子求吾算法，已合到門，豈無人導達耶？’徐一算，又謂曰：‘門前水合卻西流，弟子當至。’一行承言而入稽首，請法盡授其術焉，而門水舊東流忽改爲西流矣。”④

公元七一一年，一行重返嵩陽寺，朝廷有意邀他參政，但他以健康欠佳爲藉口，婉拒徵召。稍後一行再次整裝遠遊，前往玉泉山的玉泉寺，專心研究占星術。

兩年後，玄宗（李隆基，公元六八五年——公元七六二年；公元七一二年——公元七五六年在位）即位，朝政略有革新，文化和科學都呈現着蓬勃的現象。玄宗派遣一行的族叔張洽前往玉泉寺，勸一行晉京。五年後，一行終於入長安，玄宗親予接見。一行便駐於華嚴寺，從事印度佛經譯述工作。在這期間，他有機會和多位精通天文曆法的印度僧侶交往，從中吸取到印度天文學方面的新知識。

公元七二一年，是一行生命史上的轉捩點。當時唐朝政府采用的曆法是李淳風的《麟德曆》，但該曆頒行已近五十年，實有改革的必要。這年，玄宗因《麟德曆》幾次預報日食不準，命一行主持編制新曆。當一行準備執行實際探測觀察時，發覺當時的天文儀器陳舊腐蝕，不堪使用，因此重新設計製造儀器，先後在公元七二四及七二五年和府兵曹參軍梁令瓚合製成黃道游儀和水運渾儀兩種大型天文儀器。

利用這兩種儀器進行測量，一行發現當時很多恆星的位置和古籍的記載有不少變動。在其中十次測量中，一行又發現和黃道有關的南北活動。一行可說是世界上發現恆星本動現象的第一人。在西方國家，這個現象是由英國天文學家哈雷（Edmond

Halley，公元一六五六年——公元一七四二年）在十八世紀才發現，和一行比較起來，已相差一千年。

從七二四年起，一行率領考察隊進行天文大地測量。他們用標準的八尺表，在同一時間，但在不同緯度，量度圭表投射日影的長度。其中以南宮說等人在河南所作一組的觀測最有成就。他們在省內四個地方測量當地的北極高度、夏至日影長度和四地間的距離。一行歸納這些資料，得出北極高度差一度，南北兩地相距三五一里八十步（按：這是唐代尺度，折算現代的公制是 1°＝132.03米）的結論。事實上，這也是求出了地球子午綫一度之長。⑤直到一千年後，耶穌會士安多（Antoine Thomas，公元一六四四年——公元一七〇九年）於一七一七年再在中國進行另一次相似的測量，根據經度的一度來決定一里的長度。公元一七九一年，法國學院的一個委員會作出一個十分有名的報告。在這個報告中建議採用當時認爲最穩定不變的自然物——地球子午綫的長度——作爲標準，以通過巴黎子綫長度的四千萬分之一作爲長度單位，定名爲“米”（metre）。因此，從天文學上來訂里的長度最少比訂定米的長度早出七十四年。

一行經過三年多的策劃和實地觀測，約在公元七二四年着手編制新曆，並於七二七年完成《大衍曆》初稿。可惜他在同年患了重病，雖然在一個月後好像康復起來，並在同年十一月二十五日陪同玄宗前往新豐，但在當晚舊病復發，到達新豐後便與世長辭，享年衹有四十四歲。

一行逝世後，玄宗命大臣張說和陳玄景整理一行的初稿，並在次年（公元七二八年）正式頒行。正當《大衍曆》風行天下之際，卻發生了一場小風波。張說在公元七三〇年逝世。三

年後，發生了一次關於《大衍曆》是否正確的爭論。這次爭論是由印度天文學家瞿曇譔掀起的。他因爲未被邀參予《大衍曆》的修訂工作，心懷不滿，揚言一行的曆法是抄襲瞿曇悉達所翻譯的印度古曆《九執曆》(*Navagraha*) 而來，而且加入若干錯誤的內容。當時曆官陳玄景和從前一行的助手南宮說也隨聲附和。玄宗於是下令太史令桓執圭在靈臺作實際測量，從而比較《大衍曆》、《麟德曆》和《九執曆》的準確程度。校驗結果證明《大衍曆》的準確性，遠遠超過其他兩種曆法。如在十次紀錄中，《大衍曆》有七、八次準確，《麟德曆》有三、四次正確，而《九執曆》祇有一、二次而已。因此，《大衍曆》繼續爲朝廷採用，直到公元七五六年修改曆法，頒行《至德曆》才廢去。

八世紀出現了一部很重要的天文學著作，它就是印度佛教徒瞿曇悉達所撰的《大唐開元占經》，簡稱爲《開元占經》。全書共一二〇卷，在公元七一八至七二六年間編纂而成。書中有關於天文星象和各種物異等方面大量占語，天文內容有名詞解釋、宇宙理論、日月五星行度、二十八宿距度及石申、甘德、巫咸三家星官名稱、度數等。由於此書是大量收集公元前四世紀以來中國天文學和占星術的零散資料編輯而成，現已失傳的古書中不少天文資料，靠這書得以保存下來。除了根據中國資料外，這書又吸納了印度的《九執曆》。⑥一般認爲，《九執曆》與六世紀彘日 (Varāha-Mihira) 編的《潘查西丹蒂卡》(*Pañca Siddhāntikā*)中的曆法資料相似。雖然《九執曆》一直收藏在司天監中，而且作爲探討中國曆法是否準確時的一種印證根據，但它從未爲朝廷正式頒行，而且對中國曆法影響不大，不過它卻從中國傳到朝鮮，有一段時間甚至爲該國政府

正式採用。此外，《開元占經》還引進印度用一點（*bindu*）表示十進位數字中的“零”和三角術的正弦函數等。

九執（*graha*）或九曜的觀念在公元二三〇年隨着《摩登伽經》傳入中國。但佛典中詳述九曜的卻是《大孔雀明王經》，它共有九種中譯本。九曜即七曜（日、月及金、木、水、火、土五大行星）和羅睺、計都的合稱。印度天文學將黃道和白道的降交點叫羅睺，升交點叫計都。由於日、月食現象發生在黃、白二道的交點附近，所以又把羅睺稱爲食神，而計都是羅睺的尾部，故又稱爲豹尾星。印度占星術認爲羅睺、計都和七曜都能支配人間的禍福吉凶。這兩個幻想中的天體對中國占星術上的災星思想有很大的影響。

八世紀也是印度天文學家和曆法專家在中國活躍的時代。在公元三、四、五世紀三百多年期間，很多印度和克什米爾的著名學者從海陸兩路前來中國，傳播佛教和翻譯佛典。同期間，許多中國學者和僧侶參予譯經工作，更有不少僧侶到印度求學及取經，其中以五世紀的法顯（約公元三三七年——約公元四二二年）最爲有名。印度的天文學書籍就隨着佛教東來，在隋代（公元五八一年——公元六一八年）流入中國。

從印度移居中土的瞿曇氏家族對印度文化的傳入和唐代的天文曆法，均有很大貢獻。瞿曇羅任司天臺太史令凡三十年，並曾在公元六六五年上《經緯曆》，公元六九八年上《光宅曆》。他的兒子瞿曇悉達在這個家族中的成就最大。他在公元七一二年任太史令時，親自參加修理鐵渾儀；七一八年奉詔翻譯《九執曆》；並在這年後編纂《開元占經》。當時在唐代司天監供職的，另有迦葉波氏和俱摩羅（或作鳩摩羅）兩印度家族。《九執曆》受到瞿曇氏的擁護，而俱摩羅氏得到一行的支持。然而，

瞿曇氏家族的一員仍對一行的《大衍曆》提供一種日食計算方法和一種占星書。在唐代司天臺服務的瞿曇氏家族成員尚有瞿曇譔父子。譔因不得參予改曆，事後指斥《大衍曆》剽竊《九執曆》，而且舛誤甚多。他在公元七六二年曾任司天少監，他的兒子晏爲冬官正。這個家族從瞿曇羅至瞿曇晏，四代供職唐代的天文機構，其中瞿曇羅至瞿曇譔還先後擔任過太史令、太史監或司天監共一一〇年，時人稱瞿曇悉達爲“瞿曇監”，稱這一派印度曆法爲“瞿曇曆”。

印度文化並不是當時唯一影響中國的外來文化，波斯的天文學也對中國發生影響，如當時的漢文佛經中便有波斯的占星術語，而該國天文學家在這期間也來到中國，其中較有名的大慕闍在公元七一九年從支汗那(Jaghānyān)東來。此外，僧不空在公元七五九年翻譯、楊景風在七六四年註釋的《宿曜經》，並有康居五星名稱的音譯。有些天文書籍是從波斯和康居文譯來。外來宗教也影響過唐代的天文曆法。如摩尼教稱星期日爲Mithras，現代福建和日本還通稱星期日爲“密”，就是摘取自Mithras第一個音節而來。景教也傳入了外來文化，如著名的《大秦景教流行中國碑》的作者——景教徒景淨(原名Adam)——曾就康居文譯成《四門經》這部天文占星典籍。

公元八世紀末，唐代有名的文學家柳宗元（公元七七三年——公元八一九年）寫了一篇名叫《天對》的文章，就七百多年前屈原在《天問》中提出關於天的種種問題，予以解答。在他和詩人劉禹錫（公元七七二年——公元八四一年）的通信中，曾經討論過一行的工作。此外，柳宗元又把宇宙無限論詳加發揮。此後直到晚唐五代，中國天文學沒有多大的發展，值得一提的是：公元七八〇至七八三年間流行於民間的曹士蔿編

制的《符天曆》，廢除上元積年，以一萬爲天文數據奇零部分的分母；及公元八二二年頒行徐昂的《宣明曆》，在日食計算方面提出時差、氣差、刻差三項改正。不過，直到元朝郭守敬的《授時曆》（公元一二八〇年）才完全實現上述兩項改革。

註 釋

① 有關中國的彗星和客星紀錄，參看 Ho Peng Yoke and Ang Tian-se, "Chinese Astronomical Records on Comets and Guest Stars in the Official Histories of Ming and Ch'ing and other Supplementary Source," *Oriens Extremus*, 17 (1970), 63-69。關於現代對彗星紀錄的應用，參看 D. H. Clark and F. R. Stephenson, *The Historical Supernovae* (Oxford, 1977)。至於日食方面，參看朱文鑫：《歷代日蝕考》（上海、商務印書館，一九三四年）。

② Herbert Franke, "Some Remarks on the Interpretation of Chinese Dynastic Histories," *Oriens Extremus*, 3(1950), 113ff.

③ 參看李迪：《唐代天文學家張遂（一行）》（上海、上海人民出版社，一九六四年）；及 Ang Tian-se, "I-Hsing(683-727 A.D.): His Life and Scientific Work."

④ 鄭處誨：《明皇雜錄》（《守山閣叢書》本），《補遺》，頁二下至三上。

⑤ 參看 A. Beer, Ho Peng Yoke, Lu Gwei Djen, Joseph Needham, E. Pulleyblank and G. I. Thompson, "An 8th-Century Meridian Line," *Vistas in Astronomy*, 4 (1961), 3-28.

⑥ 參看 Yabuuchi Kiyoshi, "Researches on the *Chiu-chi li*—Indian Astronomy under the T'ang Dynasty," *Acta Asiatica*, 36 (1979), 7-48.

六　宋、元、明的天文學

無論人文科學或自然科學在宋代都非常蓬勃。宋朝第二代君主太宗（趙匡義，公元九三九年——公元九九七年；公元九七六年——公元九九七年在位）設立了天文閣，收藏天文典籍二五六一卷，可惜它們很少流傳下來。南宋史學家鄭樵（公元一一〇三年——公元一一六二年）在《通志·藝文略·天文類》據公元一一五〇年前後祕府藏書，列出天文學和與它有關的著作三六九種。與鄭樵同時代的詩人尤袤（公元一一二七年——公元一一九四年），在私藏圖書目錄《遂初堂書目》中，列出與天文學有關的書九十五種。不幸得很，這兩個書目中所列的書籍，祇有少數能夠保存下來。

公元九六三年，離宋朝立國三年，王處訥制定《欽天曆》，次年頒行。在宋代三百多年間，實行過的曆法共有十九種：北宋九種，南宋十種；另有四種雖制定但未頒行，可見宋代修曆比唐代還要頻密。北宋鑄造了四座巨型的渾儀，耗費超過二千斤銅。這四座渾儀是：

（1）至道儀——太宗至道年間（公元九九五年——九九七年）由韓顯符鑄成；

（2）皇祐儀——仁宗皇祐年間（公元一〇四九年——一〇五四年）由周琮、舒易簡、于淵鑄成；

（3）熙寧儀——神宗熙寧年間（公元一〇六八年——公

元一〇七七年）由沈括鑄成；

（4）元祐儀——哲宗元祐年間（公元一〇八六年——公元一〇九四年）由蘇頌（公元一〇二〇年——公元一一〇一年）鑄成。

蘇頌是宋代著名的天文學家和渾儀製造家，元祐儀是把渾儀、渾象和報時裝置結合在一起的大型天文儀器。整座儀器高約十二米、寬約七米，是一座上狹下廣，呈正方臺形的木結構建築。全臺共分三層：平臺本身是一座兩層高的建築物，下層包括報時裝置和合臺的動力機關，上層是一間密室，放置渾儀；平臺上的一層是間板屋，中間放着渾儀。整座儀器靠一個水力推動的鐘表機構帶動，而水從退水壺和漏壺循環不止，故後來稱爲"水運儀象臺"。這座儀器詳載於蘇頌的《新儀象法要》（公元一〇八八年始撰，一〇九四年完成）。李約瑟等曾對"水運儀象臺"作過深入的研究，認爲它可能是歐洲中世紀天文鐘的直接祖先。①

宋代有鑑於部分觀測員，尤其那些世襲職位的，對他們的工作粗心大意，採取措施來防止他們製造錯誤的或假的報告。因此把兩副同樣渾儀分別放置在司天監和翰林院內，藉此可得兩份紀錄，以資比較。

在一般情況下，修曆祇需要測量二十八宿中主星的位置，其他次要的星的位置很少加以考慮。但在宋代景祐（公元一〇三四年——公元一〇三八年）、皇祐、熙寧、元豐（公元一〇七八年——公元一〇八五年）四次修曆時，卻兼顧一般星的位置，皇祐和元豐兩次觀測更以精確著稱。② 蘇頌《新儀象法要》所附的星圖，就是根據元豐年間的觀測繪製；而中國最著名的星座圖——《淳祐天文圖》——也是依據元豐朝的紀錄繪製。

公元一二四七年，南宋政府不但把觀測的結果繪成星圖，而且刻在石碑上。這就是著名的蘇州石刻天文圖，現存放在江蘇省蘇州孔廟內。

上述沈括製造的熙寧儀，是他在公元一〇七二年任提舉司天監時開始建造的。在他主管司天監期間，致力於改組機構，强調實測，改製新天文儀器，終在一〇七四年製成省去白道環的新渾儀和漏壺。這種新渾儀用計算來求月亮的白道座標，省去傳統渾儀中的白道環，實是中國渾儀由繁向簡的開始。沈括並寫成《渾儀議》、《浮漏議》、《景表議》三篇論文，載於《宋史·天文志》。他又提出《十二氣曆》，建議廢除以十二個或十三個朔望月爲一年的傳統曆法，改以節氣爲主的陽曆。他晚年所著的《夢溪筆談》，三分之一的內容屬自然科學，其中有不少是天文的記載。

在中國天文學史上，宋代的學者以保存天文紀錄而著稱。從十世紀起，有幾位宋代的學者對過往史籍中的天文文獻進行搜集和分類。公元九八三年，李昉（公元九二五年——公元九九六年）編成《太平御覽》，全書分爲五十五部，第一部名《天部》，第二部名《時序部》，各有三十九卷，保存不少宋以前中國天文曆法的文獻。約在公元一一五〇年，鄭樵撰成《通志》，其中有二十略，《天文略》即其一。一〇八四年，司馬光（公元一〇一九年——公元一〇八六年）著成《資治通鑑》這部編年史巨著，上起公元前四〇三年，下迄公元九五九年。書中包含不少如彗星、日食等天文紀錄。公元一一八九年，朱熹和門人趙師淵等，據司馬光《資治通鑑》、《舉要曆》和胡安國《舉要補遺》，簡化內容，編爲綱目，定名爲《通鑑綱目》。書中就原有《資治通鑑》的天文記載外，補入一些新材料。此外，

王應麟（公元一二二三年——公元一二九六年）的《六經天文編》，也是一部天文曆法資料非常豐富的書。

宋代思想家對宇宙理論十分關注，尤其對天體的運行和天體的形成問題有較多討論，張載和朱熹可說是這方面的代表人物。

公元一二七六年，蒙古軍攻陷南宋首都臨安以後，元世祖忽必烈把金、宋兩個司天監的人員集中在元都大都，再加上新選拔的人才，組成了一股强大的天文研究力量，在郭守敬和王恂（公元一二三五年——公元一二八一年）的領導下，創出輝煌的成績。

郭守敬是中國歷史上的大天文學家、數學家、水利家和儀器製造家。③ 祖父郭榮也是一位數學家和水利工程家。郭守敬在祖父的薰陶下，幼年時已對科技發生興趣。十五歲的時候，已通曉燕肅在公元一〇三〇年創製的蓮花漏的構造。十九歲那年，更將石橋建築工程的技術加以發揮。

郭守敬除繼承祖父家學，攻研天文、數學和水利外，又隨忽必烈的謀臣劉秉忠（公元一二一六年——公元一二七四年）讀書，結識了小他四歲的同學王恂。公元一二六〇年，郭守敬由劉秉忠的同學張文謙推薦，出仕元廷。兩年後，郭守敬製造了一個漫流原理的漏壺——寶山漏，他把這個漏壺獻給忽必烈，忽必烈命安裝在大都的司天臺。

公元一二六二年至一二七六年間，郭守敬多次參加華北水道灌溉工程，頗有貢獻。一二七六年，忽必烈攻陷臨安，命令制定新曆法，由張文謙等主持組織太史局。太史局成立後，由王恂負責，郭守敬輔助；前者主推算，後者主製儀器和觀測。一二七八、七九年間，太史局改稱太史院，王恂任太史令，郭

守敬爲同知太史院事，建立天文臺。

郭守敬爲修曆而設計及監製的新儀器有下列十三種:

（1）簡儀

（2）高表

（3）候極儀

（4）渾天象

（5）玲瓏儀

（6）仰儀

（7）立運儀

（8）證理儀

（9）景符

（10）窺几

（11）日月食儀

（12）星晷

（13）定時儀

有些學者認爲第十二、十三兩種儀器祇是一種，即“星晷定時儀”。此外，郭守敬又製造了四種適合攜帶的儀器，它們是:正方案、丸表、懸正儀、座正儀。上述十多種儀器在一二七九年全部製成。

郭守敬在造曆之前，和唐代天文學家一行一樣，首先進行大規模的天體測量。他親自主持二十七個地區的觀測工作，這些工作包括日影測量、北極出地高度及二分、二至日晝夜時刻的測定等。另外，他對全天旣命名觀測及尙未命名的恆星也作了一次比較全面的位置測定。經過了幾年的努力，終於在一二八〇年編成新曆，定名爲《授時曆》。這個曆在中國採用了三六四年（即公元一二八〇年——公元一六四四年），爲中國頒

行最久的曆法。《授時曆》完成後，郭守敬着手整理觀測所得的資料，編制各種數據用表，並著有天文曆法著作十多種，可惜後來都失傳了。

除了郭守敬致力於天文著作外，元代的天文論著並不豐碩。其中值得注意的有趙友欽的《革象新書》。趙友欽是宋室之後，生卒年不詳，他的書共有五卷，分爲三十二篇，記述中國傳統天文學中的三十二個問題，其中確定日道遠、月道近，及“日之圓體大、月之圓體小”等理論，是在中國最先提出的。郭守敬逝世後三年，即公元一三一九年，馬端臨（約公元一二五四年——公元一三二三年）的巨著《文獻通考》面世。書中有《象緯考》十七卷，包含上古至南宋中葉日食、彗星、客星、流星等詳細紀錄表，它們是前世紀及本世紀初西方天文學家所用作爲根據的中國天文觀察。可惜此表時有漏誤。

在元代，阿拉伯人在中國科技上擔任了重要角色。例如，一些穆斯林的槍手阿老瓦丁（大概是'Alā'al-Din）及亦思馬恩（大概是'Ismā ʿīl）在公元一二七一年供役於元廷。敍利亞的景教徒愛薛（ʿĪsa Tarjaman）是一位出色的數學家和天文學家，而且精通醫術和藥劑學，他從一二五〇年到一三〇八年間一直爲蒙古皇帝服務。在本書數學部分提過的札馬魯丁於公元一二六七年爲忽必烈制定新曆，定名爲《萬年曆》。不過因爲它不及《授時曆》精確，所以沒有頒行，而且後來也散佚了。《元史·天文志》有“西域儀象”一節，所載的儀器是旭烈兀（公元一二一九年——公元一二六五年）或他的繼承人派札馬魯丁親身送給忽必烈的，引錄如下，並附上原來的波斯或阿拉伯名稱及漢譯和簡短說明:

漢字音譯	波斯或阿拉伯名稱	漢譯和簡短說明
1. 咱秃哈剌吉	*Dhātu al-ḥalaq-i*	"渾天儀"，是一種多環的渾儀。
2. 咱秃朔八台	*Dhātu' sh-shu'-batai (ni)*	"測驗週天星曜之器"，是一種星位尺，好像托勒密的長尺（Ptolemaic triquetrum），據《元史》說，這個儀器有兩個窺管，而阿拉伯文的原意是"雙股儀"。
3. 魯哈麻亦渺凹只	*Rukhāmah-i-mu'wajja*	"冬夏至晷"。
4. 魯哈麻亦木思塔餘	*Rukhāmah-i-mustawīya*	"春秋分晷"。
5. 苦來亦撒麻	*Kura-i-samā'*	"斜丸渾天圖"，這是一種天球儀。
6. 苦來亦阿兒子	*Kura-i-ard*	"地理志"，這是一種地球儀。
7. 兀速都兒剌	*al-Uṣṭurlāb*	星盤，據《元史》說這種儀器沒有專譯漢名。

這些儀器在公元一二六七年從波斯送抵中國，約早於郭守敬在天文臺製造新儀器十年。到底外來的天文儀器對郭守敬的儀器有沒有影響呢？

首先必須指出，上述外來的天文儀器對中國人來說並不完全新奇。這些儀器都是爲黃道系統的觀測而制作的，郭守敬卻

不重視黃道系統而沿襲中國傳統的赤道系統。其次，這些儀器都是360度及1度60分制的；但郭守敬仍採$365\frac{1}{4}$度及1度10分的中國制。地球儀爲中國人來說雖是個新東西，但它似乎沒有引起當時中國人的興趣。外來的兩種日晷是以不均勻時間來分度的，它們使到中國人感到困擾而樂意沿用中國傳統的日晷。至於星位尺，阿拉伯人用來測量天頂距；星盤則用來測量平緯和計算黃道座標位置。然而中國傳統天文學有天極和赤道座標，所以這兩種儀器也不適合需要。由此可見，伊斯蘭教徒傳入托勒密的行星週轉圓理論似乎對中國的“天極——赤道天文學”沒有產生任何影響。

有些學者認爲郭守敬的簡儀，有部分構思是從阿拉伯的“黃赤道轉換儀”（torquetum）得來。可是這種儀器並不是札馬魯丁帶來中國的儀器之一，就算在當時波斯馬拉加天文臺（Marāghah Observatory）的儀器名單內，也沒有“黃赤道轉換儀”。李約瑟認爲簡儀的制作或許曾受過阿拉伯儀器的影響，而且可能是札馬魯丁把“黃赤道轉換儀”的概念傳給郭守敬。④無論如何，假如郭守敬眞的參照“黃赤道轉換儀”來製造簡儀，他亦已作了修改，即改用赤道座標系統，使它適合中國天文學的特點。

郭守敬所用的赤道座標比當時西方用的黃道座標先進得多，而在西方方面，直到一五八五年丹麥天文學家第谷才首先拋棄黃道座標系，應用後來通行世界的赤道座標系觀測彗星和恆星。所有現代望遠儀鏡，如威爾遜山（Mount Wilson）的一百吋反射望遠鏡，都安裝赤道座標系，使到它們能在極軸中自由轉動。

公元一二七一年，元朝在上都設立回回司天臺，每年頒行回回曆書，而中國天文學家如傅穆齋等，在十三世紀也受聘於波斯馬拉加天文臺。

元朝亡後，阿拉伯文化在中國並沒有消滅。爲了適應國內各伊斯蘭教民族的宗教和生活習慣，朱元璋在一三六八年立國後，仿照元朝的措施，設立回回司天監，以元朝的回回司天臺長海達兒（或作黑的兒）主理。後來把它併入欽天監，稱爲回回科。回回司天監或回回科的職責主要是計算天象，頒佈回回曆書和與《大統曆》進行比較；同時還翻譯一些阿拉伯天文書籍。如公元一三八二年，朝廷令海達兒和回回大師馬沙亦里、阿答兀丁、馬哈麻等，及翰林李翀、吳伯宗合譯阿拉伯人闊識牙耳的《天文寶書》四卷，次年二月譯成，定名爲《明譯天文書》。其中說星分六體，是星等概念在中國的初次出現。公元一四七〇年至七七年間，南京欽天監監部貝琳（？——公元一四九〇年）將明初曆官元統翻譯的《七政推步》整理出版。據貝琳說，這部書在一三八五年從外國傳入，由元統譯爲漢文。該書經貝琳修訂整理，就是現存的七卷本。《七政推步》是中國第一部有系統介紹阿拉伯天文學和回曆的重要譯著，書中載有二七七顆星的黃經、黃緯和星等恆星表。這是中西星名的第一次對譯。《明史·曆志》中有《回回曆法》三卷，是梅文鼎根據這部書的曆法部分摘要編出的。

中國科學發展到明代，呈現衰退的現象，而天文學的發展從明初到萬曆年間的二百多年（公元一三六八年——公元一六一九年）中，幾乎陷於停頓。明人沈德符（公元一五七八年——公元一六四二年）在《萬曆野獲編·曆法》中“曆學”條概括地指出說：

"中國曆法，本不及外國之精密。以故前元欽天監外，又有回回欽天監。本朝亦設回回司天監，有正儀大夫、司朔大夫、司元大夫等官。至洪武三十一年（公元一三九八年）而廢之。以其敎歸之欽天，但用彼國土板曆同算，久之則法亦不驗，與中土無異矣。國初，學天文有厲禁，習曆者遣戍，造曆者殊死。至孝宗（朱祐樘，公元一四七〇年——公元一五〇五年；公元一四八八年——公元一五〇五年在位）弛其禁，且命徵山林隱逸能通曆學者以備其選，而卒無應者。近年因日食分數不相符，督責欽天，但唯唯謝罪，以世學歲久無他術爲解。……自利瑪竇入都，號精象數，而士人李之藻等皆授其業，似當令兼領天文。"⑤

由於明初比過往更嚴禁私習天文曆法，所以明代的天文著作寥寥無幾。較重要的如王禕（公元一三二二年——公元一三七三年）把元代趙友欽的《革象新書》加以刪訂，縮爲兩卷本；較晚的有王可大的《象緯新篇》等。直到耶穌會敎士東來，天文學研究才開始復甦，刊行的書隨着增加。有關耶穌會士的學術活動，詳見本書第二篇，這裏不再重複。

註　釋

① 參看 Joseph Needham, Wang Ling and Derek de Lolla Price, *Heavenly Clockwork: The Great Astronomical Clocks of Mediaeval China* (Cambridge: At the University Press, published in association with the Antiquarian Horological Society, 1960).

② 有關皇祐朝的觀察紀錄，最近已有專著發表，詳潘鼐、王德昌合著:

《宋皇祐星表——一部中世紀早期的中國恆星表》，《天文學報》第二二卷第二期，一九八一年六月，頁一〇七至一一八。

③ 參看潘鼐：《郭守敬》，載《中國大百科全書》出版社編輯：《中國大百科全書 · 天文學》（乙種本，北京及上海、《中國大百科全書》出版社，一九八〇年），頁一〇三至一〇四；及Ho Peng Yoke and May Wang, "Kuo Shou-ching", *Yuan Biographies: Papers on Far Eastern History*（即將出版）。

④ Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 3, p. 378.

⑤ 沈德符：《萬曆野獲編》（北京、中華書局，一九八〇年），卷二十，中册，頁五二四至五二五。



第四篇

煉丹術

一　導言

儘管理、氣、數的原理應用在煉丹術上或者比應用在天文學上較爲隱晦和難以捉摸，但中國的煉丹術家憑着他們對陰陽五行和數的知識，嘗試把銅、鉛等金屬煉成黃金，以求達到長生不老的目的。《參同契五相類祕要》是一部重要的煉丹理論書籍，①它的開端便有下列一個表：

陽	一	二	三	四	五	
	水	火	木	金	土	
陰	六	七	八	九	十	②

這個表對於陰陽、五行和數字的分配，與"河圖"是一致的（參本書第一篇），可見理、氣、數的原理和煉丹術有密切的關係。煉丹失敗固然可以歸咎於煉丹過程的疏忽，但也可以歸咎於命運，而命運就是數的另一面。因此，一個人必須命中註定與仙有緣才能煉成金丹，否則必定失敗。

唐代大詩人白居易（公元七七二年——公元八四六年）便深信這個說法。他曾在煉丹師郭虛舟指導下煉丹，結果失敗了。自此感到自己與仙道無緣，所以晚年對佛教的興趣較濃厚。有一次，一位曾在浙江巡察的官員李稷來訪，轉告白居易一個出洋商人所說的故事。那個商人說他在一次海上旅程中，遇到風暴而迷了途，後來在一個海島登陸。島上有一座宮殿，上面刻有"蓬萊"二字，宮內有一所空院，商人聽說是留給樂天的，

而樂天就是白居易的字。可是白居易因煉丹失敗，認爲自己和仙道沒有緣份，所以作了下列兩首詩。第一首題爲《客見說》:

近有人從海上迴，海山深處見樓臺。

中有仙龕虛一室，多傳此待樂天來。③

第二首是《答客說》:

吾學空門非學仙，恐君此說是虛傳。

海山不是我歸處，歸即應歸兜率天。④

海山是仙人的居處，而兜率天是佛教的名詞。兜率是梵文 Tusita 的音譯，即佛教所說欲界六天中的第四天。意譯爲知足、喜足、妙足、上足等，意思是受樂知足而生歡喜之心。這兩首詩顯示白居易晚年對佛教比仙道更爲熱心，而且無意相信他和仙道有緣的傳說。然而，這並不是說他對金丹失去信心，祇是因爲煉丹失敗，深信自己命中註定不能成仙罷了。⑤

理、氣、數的理論也可以應用到魔法方面，而煉丹術和魔法也有關係。在現代科學誕生以前，自然科學和魔法許多時是很難分辨的。當人們找出一個合乎情理的解釋時，那些被認爲是自然的魔法,卻很多時變爲自然科學了。魔法，中國古時稱爲法術，在西方稱爲 magic，分爲巫術(black magic)和魔術(white magic)兩類。巫術是利用鬼神來實現願望的法術。在原始社會中，巫的權力很大，主要的職司是奉祀天帝鬼神及爲人祈福禳禍，並兼掌占卜和曆法。除着社會的進步，演變成爲借助鬼神力量替人祈福及施蠱的巫師。“感應魔法”(sympathetic magic)⑥，也屬於巫術的範圍。魔術又稱“幻術”,是借助物理、化學原理的機械裝置來表演各種物體、動物或水火等迅速增減隱現變化的技藝，而以藏挾見長的魔術又稱“戲法”。無論在東方或在西方，很多不可思議的過程，都屬於“感

應魔法”的種類。弗雷澤(Fraser)提出一個“相同定律”(law of similarity)。根據這個定律,同類的東西是互相吸引的。他又提出一個“接觸或感染定律”(law of contiguity or contagion),根據這個定律,從前接觸過的東西,雖然現在已沒有接近,仍然會互相產生作用。⑦中國人的象徵式的相互關係體系,把所有的東西按五行分爲五類,尤其適合“感應魔法”的操作運行,也同樣地適合於煉丹術家的魔法。

據《地鏡圖》說,若要觀測黃金、玉、寶劍、銅、鐵,應選擇一個有“辛”作爲天干的日子。“辛”屬金,因此那一天便對於觀測寶物最適宜。《太平御覽》引《地鏡圖》說,銀的精以白色的小公鷄現形。銀和白色都屬金。《地鏡圖》和《抱朴子》都提到帶着白色的小公鷄和一些白鹽到山中尋寶。攜帶白色的東西同樣是希望吸引到屬金的東西,這裏當然是指黃金和白銀。

《抱朴子內篇》(卷十七)列舉了許多其他“感應魔法”的例子,其中有一個是這樣的:

> “通天犀角,三寸以上。刻以爲魚,而啣之以入水,水常爲人開方三尺,可得炁(氣)息水中。”⑧

相傳通天犀是一種吃有毒植物的犀牛,人們相信它的角是多種毒藥的有效化解藥。或許因爲犀牛奔跑時以角向前的衝撞力量及魚生活在水中的本能,使人們相信通天犀角能產生如《抱朴子》所說的魔法。

註 釋

① 《參同契五相類祕要》，作者不詳，雖託名爲魏伯陽（公元一四七年——公元一六七年）撰，但大概是七世紀初的著作，到了宋代，盧天驥爲這書作註（約公元一一一四年）。

② 《參同契五相類祕要》，載《正統道藏》（台灣、新文豐出版公司影北平白雲觀本，一九七七年），第三一册，頁八一九。

③ 白居易：《白香山後集》（《四部備要》本），卷十二，頁八下至九上。

④ 同上，卷十一，頁四下。

⑤ 參看 Ho Peng Yoke, Goh Thean Chye and David Parker, "Po Chü-i's Poems on Immortality," *Harvard Journal of Asiatic Studies*, 34 (1974), 163-186.

⑥ 在香港和日本常見的例子是在紙上寫着快樂、成功、長壽、富貴、平安等有關的吉祥字句，作爲帶來好運的符咒。

⑦ 參看 Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 2, p. 280.

⑧ 《抱朴子內篇》（《四部叢刊》本），卷十七，《登涉》，頁二二上。

二　中國古代長生不老的思想

在中國神話傳說中，長生不老的觀念可追溯到史前時代。如后羿從西王母處得到不死之藥，嫦娥偷吃後，便飛奔到月宮，成爲月中仙子。①又如蕭史和弄玉，是古代傳說中一對神仙夫婦。蕭史善吹簫，能夠吹出鸞鳳之音。秦穆公的女兒弄玉，也好吹簫，穆公就將她嫁給蕭史。數年後，蕭史給弄玉一些丹藥。服食後，蕭史乘龍、弄玉乘鳳，升天而去。②到了戰國，長生不老藥的觀念在醫師、方士、自然觀察者、諸侯貴族和學者之間已十分流行。如《戰國策》中載有方士向楚荊王獻不死之藥的故事。③我們沒有確切的紀錄知道古代的服藥者吃甚麼丹藥以求長生，但如果根據晉人編纂的《列仙傳》，他們所服食的包括丹砂、雲母、玉、代赭石、石、松子、桂等未經製煉的礦物和植物。

許多現代學者認爲騶衍是與長生不老術有關的。無論如何，這種方術在戰國期間該已萌芽。長生不老藥的故事吸引了秦始皇（公元前二五九年——公元前二一〇年；公元前二四六年——公元前二一〇年在位）的注意，在方士盧生和徐福的影響下，他千方百計尋找長生不老藥，甚至派遣徐福帶同八百童男童女，乘樓船入海。漢武帝（劉徹，公元前一五六年——公元前八七年；公元前一四〇年——公元前八七年在位）也以好神仙、長生之術著稱。據《史記》所載，當時齊人報告神仙奇方的有萬

餘人，而且有不少方士如李少君、欒大等在朝廷服務。和武帝同時的淮南王劉安（公元前一七七年——公元前一二二年）也是著名的煉金煉丹人物。他在門下的賓客協助下，編成《淮南萬畢術》一書，相傳是關於金丹術的，而尤詳於煉金方面。可惜這部書已失傳了，後人所搜得的殘篇，內容多同魔法有關，不過其中及劉安另一著作——《淮南子》——曾提到汞、鉛、丹砂、曾青、雄黃（砷的硫化物）等藥物。

當時煉金的風氣極爲流行，景帝（劉啟，公元前一八八年——公元前一四一年；公元前一五六年——公元前一四一年在位）曾頒令私煉金者棄市來遏止這種風氣。但到了公元前一世紀，宣帝（劉詢，公元前九一年——公元前四九年；公元前七四年——公元前四九年在位）卻委命劉向（約公元前七七年——公元前六年）製造黃金，充實國庫。雖然劉向自稱幼承父學，習聞劉安的祕術，到底還是失敗而被判入獄。西漢末期，王莽（公元前四五年——公元二三年）也喜歡神仙思想和煉丹術。

提到漢代，也容易使人想到道教的起源和現存最古的煉丹術書籍。道教由張陵（後稱張道陵，公元三四年——公元一五六年）在二世紀中所創。他自稱是漢朝開國功臣張良（？——公元前一八六年）的後裔。後世的道徒聲稱張陵精通煉丹術，但有些人卻懷疑他是否了解這種技術。無論如何，煉丹術與道教已結下了不解之緣。

現存世界上最早的煉丹理論書是東漢末年魏伯陽（公元一四七年——公元一六七年著稱）的《參同契》，又稱《周易參同契》。這部書約在公元一四二年著成，大部分內容講述陰陽五行理論、《易經》等和煉丹過程發生的關係。④如書中有這

樣一句說話:

"黃土，金之父；流珠，水之母。"⑤

流珠即水銀，這裏以水銀爲水。據五行相生的秩序，土生金而金生水。因此對於通曉理、氣、數基本原理的人來說，這句引文的意思最爲明白不過了。魏伯陽似乎採用水銀及鉛（如不是鉛就是硫磺）作爲煉丹的主要材料。可是，由於《參同契》的語調十分隱晦，而且充斥着隱喻和隱名，使到它的意思模稜兩可，往往可以用多種解釋來說明。因此，在魏伯陽以後，注釋這部書者大不乏人，而後來的注者總批評前人誤解《參同契》的本意。也許我們永遠也不能確定魏伯陽撰書時眞正的意念。

東漢以前，煉丹術有兩個不同的傳統：一個是致力尋找長生不老藥，秦始皇在這方面的努力，可作爲代表；另一個則嘗試製造黃金（無論是眞的黃金或仿製黃金），如李少君對漢武帝說，祠灶可招致鬼物，鬼物到了就可使丹砂變成黃金，黃金做成飲食器皿，就可以延長壽命，見到蓬萊仙者，而見到了仙者，再到名山祭祀天地，就長生不死了。無論是尋找長生不老藥或製造眞的黃金，歷史上從未有過成功的例子，然而許多煉金家都成功煉出仿製黃金，有些甚至相信那些贋品是眞的黃金。到了東漢，這兩個傳統滙合爲一，煉丹術家嘗試在實驗室裏煉製長生不老藥，而促成兩個傳統結合的因素實與醫藥發展的歷史有關。當小劑量的金屬性物質被用作治療後，經過一段時間，大劑量的金屬在長生不老藥的形式下，必然會繼續使用。因此，許多著名的煉丹家如葛洪、陶弘景（公元四五六年——公元五三六年）、孫思邈（公元五八一年——公元六八二年）等同時是大醫學家。

葛洪是東晉道教理論家、醫學家和煉丹術家。字稚川，號

抱朴子、稚川眞人。葛玄從孫，少好神仙導養之法，跟從葛玄的弟子鄭隱學習煉丹術，因葛玄稱爲葛仙翁，所以他被稱爲小仙翁。葛洪對煉丹術和早期的化學的貢獻，保留在他的《抱朴子內篇》裏。這是他在公元四世紀初著成的作品，紀錄了許多長生不老藥及它們的製煉方法。據他所載，有些長生不老藥比其他的强烈，其中藥性最烈的是太淸丹和金液。太淸丹據說是製煉時經過九轉的丹藥，而每經過一轉，它就更有效驗。

葛洪在《抱朴子內篇》中，多次提到物質的自然嬗變。如說：

"松栢脂淪入地，千歲化爲茯苓。"⑥

又如：

"仙經云：'丹精生金。'此是以丹作金之說也，故山中有丹沙，其下多有金。"⑦

又如：

"山中夜見胡人者，銅鐵之精。"⑧

在葛洪以前，有關物質嬗變的觀念在《淮南子》中已經提出，詳見本書第一部分。葛洪除了提到金屬的"精"轉化爲人外，還說到它們能變爲老虎、狗及其他動物的形狀。在葛洪後兩個世紀，有一部作者不詳的書名叫《地鏡圖》，也描述仙人在太陽下行走沒有影子及金屬的變形。⑨

上面所說的是一種流傳了很久的信仰，它指出如有適當的條件，一種金屬能夠自動轉變或被轉變爲另一種金屬，而凡人也能夠脫胎換骨，變爲神仙。這類變形可用陰陽五行的理論作爲解釋。當陰氣剛進入靜止的境界時會產生金，當它靜止到極點便產生水；當陽氣開始動的時候產生木，動極就會產生火。這四行以不同的比例凝結爲土，土是造成所有事物的物質形

式。在這時候，天上的氣隨着四季而產生週期變化，從而改變了金屬中五行的比例。因此，在中國人的觀念中，變形和變質是極爲可能的。在變化過程中，時間是一個重要因素。其次，當氣凝結爲物質時，不一定用盡所有的氣，而剩下來的就是人們相信能夠產生變形的“精”。

註　釋

① 《淮南子》，卷六，《覽冥訓》，頁十上。

② 劉向：《列仙傳》（《叢書集成》本，上海、商務印書館，一九三六年），卷上，頁二九至三〇。按：此書雖題劉向所作，其實是晉人僞託。

③ 《戰國策校注》（《四部叢刊》本），卷五，頁三三下。

④ 參看 L. C. Wu and T. L. Davis, “An Ancient Chinese Treatise on Alchemy entitled *Ts'an-t'ung-ch'i*, written by Wei Poyang about A. D. 142”, *ISIS*, 18 (1932), pp. 210 ff.

⑤ 據（宋）俞琰：《周易參同契發揮》（《四庫全書珍本》十集，台灣、商務印書館，一九八〇年），卷上，頁五一上。

⑥ 《抱朴子內篇》（《四部叢刊》本），卷十一，頁五下。

⑦ 同上，卷十六，頁六上。

⑧ 同上，卷十七，頁七上。

⑨ 有關《地鏡圖》一書，詳 Ho Peng Yoke, “The Ti-ching-t'u, a Lost Manual on Mining and Geobotanical Prospecting,” Silver Jubilee Issue of the *Journal of the Australian Oriental Society* (in press).

三 中國煉丹術的黃金時代

大概剛在葛洪的時代以前，中國煉丹術家在用硝石、硫磺及其他礦物煉製丹藥時，偶然發現到原始火藥易燃的性質。在相傳爲葛洪的老師鄭思遠所作的《眞元妙道要略》中，曾警告煉丹術家煉丹時必須謹慎，因爲有些煉丹術家把硫磺、硝石、雄黃（二硫化二砷）及蜜糖放在一起加熱時，被燒焦了面部和雙手，有的甚至燒燬了房子。事實上，祇要這些煉丹術家不小心地從燃料中引來了一些炭屑，他們就等於在玩火藥。

葛洪的時代以後，長生不老藥的故事繼續吸引了許多皇帝。北魏道武帝拓跋珪（公元三七一年——公元四〇九年；公元三八六年——公元四〇九年在位）於天興三年（公元四〇〇年），在京師設立仙坊，“置仙人博士官，煮鍊百藥”。①《魏書·釋老志》說：

> “天興中，儀曹郎董謐因獻《服食仙經》數十篇，於是置仙人博士，立仙坊，煮鍊百藥，封西山以供其薪蒸，令死罪者試服之，非其本心，多死無驗。”②

可是拓跋珪並不因此而心息，“而鍊藥之官，仍爲不息”。及到很久以後，才因沒有成果而下令停止。

太武帝拓跋燾（公元四〇八年——公元四五二年；公元四二三年——公元四五二年在位）時，徵召在嵩高隱居的韋文秀到京師，詢問方士金丹的事；又派遣尚書崔賾和韋文秀到王屋

山煉丹，結果無功而還。後來又命羅崇之入山訪求神仙，同樣沒有成功。③孝文帝（元宏，公元四六七年——公元四九九年；公元四七一年——公元四九九年在位）時，侍御師徐謇希望能爲孝文帝製造金丹，實現“延年法”，於是入居嵩高，採營煉丹藥物，但經過幾年還不能成功，終於放棄了煉丹的計劃。④

從晉末到晚唐期間，中國煉丹術進入了黃金時代。五世紀時君主對煉丹術的興趣，從上述北魏的情況可見一斑。在五、六世紀時，中國最偉大的煉丹術家當推陶弘景。他除了在煉丹術方面有很大的貢獻外，也是一個著名的醫學家和藥物學專家。《南史·隱逸下》載有陶弘景爲梁武帝蕭衍（公元四六四年——公元五四九年；公元五〇二年——公元五四九年在位）煉丹的事，引錄如下：

> “武帝既早與之游，及即位後，恩禮愈篤，書問不絕，冠蓋相望。弘景既得神符祕訣，以爲神丹可成，而苦無藥物。帝給黃金、朱砂、曾青、雄黃等。後合飛丹，色如霜雪，服之體輕。及帝服飛丹有驗，益敬重之。每得其書，燒香虔受。……天監（公元五〇二年——公元五一九年）中，獻丹於武帝。中大通（公元五二九年——公元五三四年）初，又獻二刀，其一名善勝，一名威勝，並爲佳寶。”⑤

據《南史·陶弘景傳》載，陶氏的著作“共祕密不傳”，“唯弟子得之”。⑥現在也無法確定他的煉丹術著作有沒有流傳下來。《道藏》中有一部《三十六水法》的書，可能是他的作品。這是一部關於水溶液（aqueous solution）的專著，對研究早期化學中以水爲媒介的無機反應頗有幫助。⑦至於陶弘景對煉丹術的貢獻，現在衹能從他的藥典中窺見一二。

約在陶弘景的時候，煉丹術家楚澤先生編訂了較早時蘇元

明的一部重要的煉丹術著作——《太清石壁記》。蘇元明的生平事蹟不詳。他可能與葛洪同時，又可能比他較早或較後。他似乎以青霞子的別號寫過許多煉丹術和醫學的著作。可惜這個別號其他的人也曾採用，所以無法確定。

《太清石壁記》對各種丹藥的成份和煉製方法，有詳細的解說。現引錄所載“金英丹方”一節如下，以見一斑：

> “雄黃、空青石、硫黃、太陰玄精、鍾乳、石英、雲母、紫石英、吳白礬、硝石、石膏、禹餘糧、寒水石、絳礬：已上各二斤；朴硝、芒硝、吳鹽：已上各二斤；金：十兩；汞：四斤。
>
> 右取金打薄，納汞四斤爲泥研，令極細。以布絞去汞二斤。即吳鹽一斤和泥研之。即取前十七味藥擣篩，一如九鼎丹法。”⑧

九鼎丹的煉製法，《太清石壁記》所載不夠詳盡，在佚名的《黃帝九鼎神丹經訣》中，有十分詳細的記載。⑨在製煉的過程中，先將各種成份放進藥釜，合上蓋，用六一泥把它內外封閉，使它不洩氣，然後放在太陽下曬乾。乾透以後便放在爐中約燒一百日以上。⑩

我們很難猜測在煉丹過程中混合這麼多化學藥品（其中許多還是不純正的），會轉化出甚麼東西。首先或許會製造出某種汞合金。然而從化學的角度看來，除了一些陽離子（cations）和陰離子（anions）互相對調外，相信不會有其他的化學變化出現。但是我們大致可以肯定，含有水銀和砷的丹藥是有劇毒的。其次，丹藥的含量既包括煎熬成粉末的硝酸鉀及硫磺，如果不小心把燃料中一些炭屑混入丹藥中，這些丹藥就含有火藥了。

在魏伯陽的《參同契》中，我們會發現中國古代的化學家，好像歐洲古代的化學家一樣，試圖用晦澀的語言來隱藏他們的祕術。但在《太清石壁記》中，蘇元明卻用明晰的文體來記述，與魏伯陽的風格迥然不同。讀者看過上面所引“金英丹方”一節後，相信也會有同感。此外，蘇元明在書中更進一步解釋當時化學家所用的隱名。

由於金英丹的含量包括水銀和砷，必然也會有毒。在《太清石壁記》所列三十七種丹藥中，有三十七種用到砷和它的混合物，有二十五種用到水銀和它的混合物。丹藥中所含其他有毒物質尚有鉛及其他金屬。因此，很多仙丹都含有烈毒，雖然有些似乎沒有害處，下文將會詳細討論服食丹藥的後果。

註釋

① 《魏書》(北京、中華書局，一九七四年)，卷一一三，《官氏志》，頁二九七三。

② 同上，卷一一四，頁三〇四九。

③ 同上，頁三〇五四。

④ 《北史》(北京、中華書局，一九七四年)，卷九十，列傳七十，《藝術下・徐謇》，頁二九六九。

⑤ 《南史》(北京、中華書局，一九七五年)，卷七六，列傳六六，《隱逸下・陶弘景》，頁一八九八至一八九九。傳後《校勘記》“中大通初又獻二刀其一名善勝一名威勝並爲佳寶”條說：“‘二刀’、‘威勝’各本作‘二丹’、‘成勝’。按王應麟《玉海》一五一引《神劍錄》略謂‘大通中，弘景獻二刀於武帝，一名善勝，一名威勝’。此二刀武帝仍賜與太宗簡文帝，《藝文類聚》六〇載梁簡文帝《謝敕賚善勝威勝刀啓》，可知‘二丹’、‘成勝’爲譌，今從

改。”（頁一九一〇）

⑥ 同上，《隱逸下·陶弘景》，頁一九〇〇。

⑦ 參看 Ts'ao T'ien-ch'in, Ho Peng Yoke and Joseph Needham, " An Early Mediaeval Chinese Alchemical Text on Aqueous Solution, " *Ambix*, 7 (1959), 122-158.

⑧ 《太淸石壁記》，卷下第十四，載《正統道藏》，第三十一册，頁五五二。

⑨ 《黃帝九鼎神丹經訣》，卷一，載《正統道藏》，第三十一册，頁五八三至五九〇。

⑩ 有關六一泥的成份和製法，有各種不同的說法：如《太淸石壁記·六一泥法》載：

“赤石脂，一斤；滑石，十兩；甘土，三斤；滷鹹，三兩；戎鹽，三兩。

右擣爲垷，並用酢拌之作丸子，如手指大。曝乾，火燒一日夜。更擣令細研，取三五張紙細擘，和爲垷，入杵臼熟擣。用酢拌之，固濟上下釜，不令有隙，以豬牙砑之，須滑甚，用牢密固。”（卷上第三，《正統道藏》，第三十一册，頁五三三）。

《黃帝九鼎神丹經訣》則說：

“泥法用礬石、戎鹽、鹵鹹礜石四物先燒，燒之二十日。東海左顧牡蠣、赤石脂、滑石凡七物，分等多少，自在合擣萬杵，令如粉於鐵器中，合裹火之九日九夜，猛其下火，藥正赤如火色，可復擣萬杵，下絹篩和百日華池以爲泥。當開以泥赤土釜，土釜令可受八九升，大者一斗。塗之令內外，各厚三分，暴之於日中十日，令乾燥。乃取胡粉燒之，令如金色，復取前玄黃各等分和以百日華池，令土釜內外各三分，暴之十日，令大乾燥，乃可用飛丹華矣。”（卷一第三、四，《正統道藏》，第三十一册，頁五八四至五八五）。

吳悞：《丹房須知·藥泥十四》所載六一泥的成份則有六種，引如下：

“黃土、蚌粉、石灰、赤石脂、食鹽，（按：似漏去一味。）

右六味，各一兩爲末。水調用之，名六一泥。

注云：若以蜜調之，尤緊密不洩。”（載《正統道藏》，第三十一册，頁七七六）。

此外《道藏》所載其他丹經還有不同說法，恕不一一盡列。

四　金丹毒

前文說過，許多中國皇帝熱中於長生不老藥，而其中因服食丹藥中毒身亡者大不乏人。如晉哀帝（司馬丕，公元三四一年——公元三六五年；公元三六二年——公元三六五年在位）爲了防止衰老，便沈迷於餌服金丹，結果在二十五歲便中毒而死。①或許他的願望已經達到了，祇是他不明白金丹能使他不再衰老的眞正意義罷了。北齊文宣帝（高洋，公元五二九年——公元五五九年；公元五五〇年——公元五五九年在位）對金丹的態度則比較謹愼。《北史·藝術上》：

> "有張遠遊者，文宣時，令與諸術士合九轉金丹。及成，帝置之玉匣云：'我貪人間作樂，不能飛上天，待臨死時取服。'"②

所以他雖然命製煉金丹，但不肯在平時服食。

唐代有不少皇帝也是金丹毒的犧牲者，他們是憲宗（李純，公元七七八年——公元八二〇年；公元八〇五年——公元八二〇年在位）、穆宗（李恆，公元七九五年——公元八二四年；公元八二〇年——公元八二四年在位）、武宗（李炎，公元八一四年——公元八四六年；公元八四〇年——公元八四六年在位）、宣宗（李忱，公元八一〇年——公元八五九年；公元八四六年——公元八五九年在位）。帝王之外，士大夫也多有因服丹藥中毒身亡。（詳下文）另一方面，有許多人對金丹的餌

服非常謹慎。上引北齊文宣帝，便是一個例子。又如蘇軾（公元一〇三六年——公元一一〇一年）對煉丹術頗有興趣，卻不敢服用。他在寫給友人王定國的一封信中說：

> "近有惠丹砂少許，光彩甚奇，固不敢服。然其教以養火，觀其變化，聊以悅神度日。"③

蘇軾等大概因前人多餌丹藥而中毒身亡，所以引以爲戒，不肯隨便服食。

因此，中國煉丹術家很早已注意到有部分丹藥含有毒性。其次，關於金丹毒的記載，在中國文學中很早已經出現。如漢代的《古詩十九首》中，有"服藥求神仙，多爲藥所誤"的慨歎；三國時曹丕（公元一八七年——公元二二六年）的《典論》和曹植（公元一九二年——公元二三二年）的《辨道論》，都提出方術丹藥不可盡信的警告；到了唐代，韓愈（公元七八八年——公元八二四年）在《故太學博士李君墓誌銘》中舉出不少事例，引錄如下：

> "太學博士頓丘李于，余兄孫女婿也。……初于以進士爲鄂岳從事，遇方士柳泌，從受藥法，服之往往下血。比四年，病益急，乃死。其法以鉛滿一鼎，按中爲空，實以水銀，蓋封四際，燒爲丹沙云。
>
> 余不知服食說自何世起，殺人不可計，而世慕尚之益至，此其惑也。在文書所記，及耳聞傳者不說。今直取目見親與之游，而以藥敗者六七公，以爲世誡。工部尚書歸登、殿中御史李虛中、刑部尚書李遜、遜弟刑部侍郎建、襄陽節度使工部尚書孟簡、東川節度御史大夫盧坦、金吾將軍李道古，此其人皆有名位，世所共識。
>
> 工部既食水銀得病，自說若有燒鐵杖自顚貫其下者，

摧而爲火，射竅節以出，狂痛呼乞絕。其茵席常得水銀，發且止，唾血十數年以斃。殿中疽發其背死。刑部且死謂余曰：'我爲藥誤。'其季建，一旦無病死。襄陽黜爲吉州司馬，余自袁州還京師，襄陽乘舸邀我於蕭州，屛人曰：'我得祕藥，不可獨不死，今遺子一器，可用棗肉爲丸服之。'別一年而病，其家人至，訊之，曰：'前所服藥誤，方且下之，下則平矣。病二歲竟卒。'盧大夫死時，溺出血肉，痛不可忍，乞死乃死。金吾以柳泌得罪，食泌藥，五十死海上。

此可以爲誡者也。蘄不死，乃速得死，謂之智可不可也。五穀三牲、鹽醯果蔬，人所常御，人相厚勉，必曰强食。今惑者皆曰：'吾穀令人夭，不能無食，當務減節。'鹽醯以濟百味，豚魚鷄三者，古以養老，反曰：'是皆殺人，不可食。'一筵之饌，禁忌十常不食二三。不信常道，而務鬼怪，臨死乃悔。後之好者又曰：'彼死者皆不得其道也。我則不然。'始病，曰：'藥動故病，病去藥行，乃不死矣。'及且死又悔。嗚呼，可哀也已！可哀也已！”④

韓愈指斥時人餌服丹藥，義正辭嚴，立場十分堅定。但到了晚年，似乎已不再反對，而且服食硫磺煉成的丹藥。⑤

當然，有許多庸醫或騙子充分利用這些使人充滿希望卻無法使它們實現的丹藥，攫取功名富貴。他們在帝王的內廷及達官貴人的門廳遊閑散蕩，吹噓他們的藥學的技藝。到頭來，其中有不少因他們的丹藥令帝王早死而被殺，有些則在未敗事以前而逃走。然而，在另一方面，仍有許多煉丹術家十分誠懇地工作。由於他們堅信金丹確能使人長生不老，使到其中不少必然成爲他們的信念的殉難者。事實上，最有經驗和最勤懇工作

的實驗家往往就是最虔誠的信徒,而最後就是最當然的犧牲者。因此，金丹的癖好成爲中國化學知識發展的一個障礙因子。⑥

然而，我們在評論中國煉丹術家製造出一些有毒的丹藥時不宜太苛刻。畢竟，我們現在不也是面對着同樣的問題——空氣污染和食物中毒——嗎？很多中國煉丹術家完全知道他們的製成品含有毒性。有些嘗試中和丹藥的毒性；有些祇在產生不良影響後施以症狀療法；另有些則相信這種不良影響是餌服金丹必然產生的副作用，因而可以置之不理。水銀、鉛、砷等礦物也常見於中國古代醫師的藥方中，不過所用的劑量遠較煉丹術家的配方有節制得多。就算在現代醫學中也用到有毒的金屬作爲藥物。說到這裏，使人想起在歐洲文藝復興時期的醫學和煉丹術史上的偉大人物巴拉賽爾蘇斯（Philippus Aureolus Paracelsus，公元一四九三年——公元一五四一年）“有毒作用和治療效能兩者有密切關係”的名言。巴拉賽爾蘇斯的主要貢獻是把人體的生活功能看作是一個化學過程，提倡將化學應用到醫學上去。他採用過許多新的藥物，如用水銀劑治療梅毒等。在現代醫學上，我們會用氯化汞（mercuric chloride）來治肝病，及用水銀化合物製成的新藥來治療心和肺的疾病。又如在砷化合物的藥物中，有一種稱爲“六〇六”的洒爾佛散（salvarsan，學名爲arsphenamine），是數十年前抗生素發現以前所用的抗梅毒藥。此外，硫磺被用作中了砷藥物毒及含砷的有毒氣體的解毒劑。事有湊巧，在中國煉丹家的丹方中，如前文引錄的“金英丹方”中，便用到砷混合物和硫磺。中國人“以毒攻毒”的觀念在現代醫學上是成立的。

有人常懷疑爲甚麼有形的永生觀念在中國古代和中古時代流傳這樣長久。在西方，希伯萊人和基督徒相信死後的復活。

天堂、地獄和煉獄是古羅馬和希臘的基督信徒相信死後要到的地方。中國人的觀念和他們不大相同。儒、釋、道三教都沒有“靈魂”的觀念。儒家重視現世的生活，不談死後的事。孔子的“未知生，焉知死”一句話，成爲他們的格言。他們祇關懷社會人事，希望把世界變成一個美好的居所。在佛教所倡的輪迴和涅槃思想中，也不容許有個人靈魂信仰的存在。至於道教雖然有所謂“三魂六魄”的說法，認爲“三魂”會升上天，“六魄”隨着骨骸入地，但道教卻是長生不老思想的淵源。西方的天堂和地獄並不存在於中國人的思想中。許多人接受了道教的主張，相信人可以用不同的方法修煉成長生不老，用純潔的感覺享受人世生活。據張星烺指出，在山東、河北沿岸的人見到海市蜃樓，引伸這些視覺現象爲神仙居住的仙島。這樣便使到神仙的信仰具體化起來。⑦

有些人或許會懷疑中國人爲甚麼堅持煉丹，而不理會過往有許多餌丹中毒的事例。首先必須指出，不是所有丹藥都是有毒的。其次，在追求長生不老的人中，也有不少以金丹毒爲鑑戒，改用其他方法來追求長生的目的。另一些煉丹術家也開始注意到採用比礦物對人體影響較溫和的有機物質。

長生不老藥可說是中國煉丹術史上的推動力量。讓我們以迦勒底人在天文學上的偉大成就全靠在占星術的並行發展這個一般人接受的意見作一比較。迦勒底的大祭師利用人民對占星術的信仰確保他們的實權，同時贏取得人民的敬仰。占星術因此刺激起精確的天象觀測長期進行，而它們的紀錄也因爲實際需要而得以保存。西方的煉丹術也是一樣。點金石的觀念是西方煉金術的主流，它提供了鼓動力，激勵四十多代的煉金術家從事這項工作。中國的金丹給人長生不老和賦有法力的指望，

使不少追求長生者遨遊山水之間，採藥煉丹和觀賞大自然的美麗。那些害怕金丹毒而又醉心煉丹的煉丹術家，也許因渴望財富，認爲丹藥是他們的點金石，能夠把普通的金屬變成黃金和白銀。這兩種慾望點起了中國煉丹術家丹爐中的火焰，使它至少不停地燃燒了二千年。

註 釋

① 《晉書》，卷八，頁二〇八至二〇九。

② 《北史》，卷八九，列傳七七，頁二九三一。

③ 俞琰：《爐火監戒錄》（約一二八五年刊本），頁九上。

④ 韓愈（馬其昶校注）：《韓昌黎文集校注》（上海、古典文學出版社，一九五七年），卷七，頁三一九至三二〇。

⑤ 白居易詩有"退之服硫磺，一病竟不痊"，後人或疑爲韓愈，又有說是衞中立。有關問題，參看佐中壯：《韓愈と丹藥》，《歷史研究》，第三號，一九五七年，頁九二至九八；Ho Peng Yoke, Goh Thean Chye and David Parker, "Po Chü-i's Poems on Immorality", pp. 175 & 183.

⑥ 有關金丹毒及其對中國化學發展的影響，參看 Ho Peng Yoke and Joseph Needham, "Elixir Poisoning in Mediaeval China", *Janus*, 48.4 (1959), 221-251.

⑦ 張星烺：《道家仙境之演變及其所受地理之影響》，《中國學報》，第一期，一九七〇年，頁六至十六。

五　唐代的煉丹術

在唐代初期，煉丹術已經進入一個黃金時代，上自帝王，下至士大夫，都受到煉丹術的影響。當時許多煉丹術家認爲在開始服食長生不老藥以前，應先鍛煉成强健的體魄。他們並不理會金丹毒，相信當身體克服了丹藥引起的副作用後，就會對丹藥的益處有所反應。孫思邈在《枕中記·長生服餌》中說:

"凡服食，先服草木藥，大覺得力，然後服石藥。藥有逆順，所謂差之毫毛，失之千里也，然後可服丹不相害也。"①

在中國歷史上，孫思邈是與葛洪、陶弘景並駕齊驅的大煉丹術家和大醫學家。他最重要的煉丹術著作是《太清丹經要訣》。這部書列出十八種秘方，煉製十四種不同的不老藥，其中大多數似乎都是有毒的。如配製"小還丹"，孫思邈建議用一斤水銀、四兩硫磺、三兩丹砂、四兩犀角及三兩麝香，搗碎後合成丸狀。孫思邈愛用簡單的語言來描述煉丹過程，極力避免用隱名或意義晦澀不清的字句。這種風格和蘇元明在《太淸石壁記》的風格是一致的。但是，他的不老藥方包括的成份比後者爲少。席文(Nathan Sivin)曾譯注過《太淸丹經要訣》，並指出該書許多特點。②

孫思邈有一個門徒名叫孟詵(公元六二一年——公元七一八年)，也是唐代出色的煉丹術家和藥用博物學家，著有《食

療木草》。他曾經做過一次實驗，揭露武則天以僞金當眞金賜予大臣的欺騙行爲。他的實驗是這樣的，他把僞金放進火爐裏，僞金散發出綠焰，顯示含有銅的成份。③

唐代也以煉丹術理論的發展著稱。陳少微約在公元七〇〇年嘗試解釋爲甚麼在煉丹祕方中有些配料必須和其他配料混合的原因。他在《大洞鍊眞寶經修伏靈砂妙訣》載道：

"陽，精火也；陰，精水也。陰陽伏制，水火相持，故知冰炭不同處，衰盛終有歸。且丹砂是陽精而須陰制。陰制者，水也。當用曾靑、空靑、石鹽、馬牙硝、玄英化石是也。"④

玄宗時，有一個煉丹術理論成立。從前有人認爲中國煉丹術士沒有他們自己的理論，他們祇以經驗爲根據進行實驗。有些人則認爲中國煉丹術家祇有從春秋時代流傳下來的陰陽五行學說、《易經》體系和數字學方面的知識。戴維斯（Tenney Davis）和他的研究合作者發現在希臘煉丹術中，也有和中國人把相反性質的東西組合起來的陰陽學說相類似的理論。如太陽神（Sol）和月神（Luna）的結婚及智慧的硫磺（sophic sulphur）與智慧的水銀（sophic mercury）的配合都是例子。這個硫汞組合理論在著名的阿拉伯札比爾文集（Jābirian corpus）出現。在公元三、四世紀間活躍於埃及的希臘煉丹術家索西慕斯（Zosimus of Panopolis）說：

"在上面的是神聖的，在下面的是世俗的，分辨出雄性和雌性時，工作便告完成。"

最近的研究成果指出，中國的煉丹術理論比上述理論更進一步。對中國煉丹術家來說，作出反應的相反迹象的物質必須同時屬於同一種類。這個理論在約爲八世紀的著作《參同契五相類祕

要》中清楚表達出來，從這部煉丹術著作中，可得出一個化學類目表。(參表四)

類	陽	陰	中性
一	太陽(朱砂)	赤髓(水銀)	
二	雄黃	雌黃	
三	雄黃	硇砂	
四	蜜水、貝母	雌黃	
五		砒黃	石脂
六	石硫黃	磁石	
七	亭脂(硫黃)	汞	
八		砂子(水銀);太陽山竈(雌黃)	五色山竈(五色石脂)
九	太陽丹竈(朱砂)	醇醯	
十	醇(鉛)	霜	
十一	密陀僧	錫	
十二	重砂子竈精(朱砂)	金强(青銅錢)	
十三	波斯折鍮	素白霜(水銀)	
十四	崑崙(碳酸銅)	羊脂	
十五	空青(石青)	代丹(赤鐵礦)	
甲	醇(鉛)	泥粉	
乙		砂子(水銀);銀	
丙	赤鹽	白礬	
丁	曾青(碳酸銅)	銀	
戊	赤鹽	泥粉	

表四　據《參同契五相類祕要》繪製之化學類目表

對於兩種互相作出反應的東西來說，好像屬陽的太陽和屬陰的赤髓等，它們必須屬於同一種類。在第八項及乙項中，水銀對雌黃和銀來說處於陽的地位，是值得注意的。到目前爲止，這套中國的種類理論是化學親合性（chemical affinity）觀念未出現以前的發展情況中未經紀錄的一頁。根據帕廷頓（J. R. Partington）的說法，最先含化學意義用“親合性”（affinitas)這個字的是多明我會的大學者兼自然科學家大阿爾伯特斯。現代化學家或許覺得種類理論沒有値得重視的地方。他們或會認爲公元前四世紀亞里士多德的“四元說”、西方煉丹術家的硫汞組合理論、甚至十七世紀時斯多爾（Stalhl，公元一六六〇年——公元一七三四年）提倡的燃素理論（Phlogiston theory），當與現代化學理論比較時，全部都顯示得同樣地原始。僅僅到了上個世紀初期，道爾頓（John Dalton，公元一七六六年——公元一八四四年）在一八〇七年第一次發表“道爾頓原子學說”時，從煉丹術到現代化學的歷程才告完成。⑤

《陰眞君金石五相類》說：

> “硫黃亦是中仙之道，用者使其相類爲表裏，爲臣佐，爲炁力，得之者即爲中仙，不解用之即爲死士也。”⑥

有趣得很，上面的引文所用的術語和中國醫學上的用語相同。事實上，最近的研究指出，傳統中國的煉丹祕方和醫藥配方都是依據相同的理論。⑦

丹藥在唐代旣然十分流行，在唐代著名詩人的作品中，都可以看到有關煉丹術的詩篇。李白（公元七〇一年——公元七六二年）對丹藥的興趣，在《新唐書》本傳中有記載。⑧白居易詩中反映他和煉丹術的關係，近日已有專著發表。⑨此外，從孟浩然（公元六八九年——公元七四〇年）、劉禹錫（公元

七七二年——公元八四三年）、柳宗元及其他唐代詩人文士的著作中，也可以看到煉丹術對士大夫的一般影響。

與阿拉伯煉丹術家札比爾·伊本·赫揚（Jābir ibn Hayyan，約公元七二一年——約公元八一七年）的煉丹術著作同時代的《丹房鏡源》大概在七六二年面世，這是一部專談丹藥的著作。它雖在後來散佚了，但部分內容收錄在五代至宋朝之間編成的道教類書《鉛汞甲庚至寶集成》中。⑩

公元八〇六年，梅彪編撰了一部丹藥的字典，名叫《石藥爾雅》。歐洲方面，約在八百年後，才由魯蘭特（Martin Ruhland）於一六一二年編纂了同類的字典，名為《煉丹術字典》（*Lexicon Alchemic*）。《石藥爾雅》表列了一六三種化學物質和它們的隱名、六十九種丹藥，以及作者所見過的煉丹術著作書目。從《石藥爾雅》一書中，我們立即注意到竟有這麼多物質有許多隱名，例如水銀有二十七個隱名，丹砂有十四個隱名。其次，梅彪所列的隱名尚未齊全，我們可以輕易舉出水銀另有十六個隱名。李約瑟說把《石藥爾雅》全書譯註出來，會對科學史的研究很有貢獻。⑪

由於中金丹毒的事例愈來愈多，使中國煉丹術家引以為戒，並在九世紀作了一次轉變。前文指出，魏伯陽用隱晦的語調來寫作，但自從葛洪以來，煉丹術家開始採用比較大膽的處理方法，不但用較多礦物作為不老藥的配料，同時用明晰和簡潔的言語從事著述。到了八世紀末期，這個趨勢似乎改變了。當時，煉丹術家應用晦澀的風格和大量用隱名，以確保煉丹的祕術為他們的同業所專有，及阻攔沒有專門煉丹術知識的人進行實驗。梅彪或因為這個轉變，感到有需要編纂一部字典幫助煉丹術同業。

梅彪的時代標誌着中國煉丹術黃金時代的結束。公元八五五年，即約後於梅彪半個世紀，一部名叫《玄解錄》或《通解錄》的書面世。其中就金丹毒而向煉丹術家提出警告，並推薦以植物藥物和礦物、金屬並用。還有一點值得注意，這書是我們僅知道的有史以來印刷出版的第一部科技專書。

在煉丹術著作方面，一般趨勢由創作轉爲編輯，由簡潔清晰變爲隱晦。自從梅彪的《石藥爾雅》面世以後，爲數不少的簡編相繼出版。這些簡編及藥典爲中國煉丹術提供許多有價值的原始資料，因爲它們輯錄了不少現已散佚的煉丹術著作。煉丹術著作風格的隱晦引起兩種不同的解釋，到底有關原文是爲外丹家或內丹家而作。外丹指用爐火燒煉藥石，內丹指以靜功和氣功修煉精、氣、神。因此，外丹家在實驗室中用礦物、石、植物等物質來煉製長生不老藥；而內丹家把自己的身體作爲實驗室，透過冥想和練氣，希望達到長生不老的目的。葛洪已描述過冥想和練氣，可見內丹和外丹兩個體系都爲煉丹術家所知，祇是從葛洪以後到中國煉丹術黃金時代結束這段期間，煉丹術家偏重於外丹而已。在金丹毒的陰影下，有些煉丹術家寧願選擇較安全的內丹法。因此從唐代末年起，內丹派和外丹派並行發展。本書祇討論外丹法，因爲它在化學史上佔有重要的部分。

註　釋

① 《枕中記》第十五，載《正統道藏》，第三十一册，頁七二。

② 詳 Nathan Sivin, *Chinese Alchemy: Preliminary Stud-*

ies (Cambridge, Mass. : Harvard University Press, 1968).

③ 《舊唐書》(北京、中華書局，一九七五年)，卷一九一，列傳一四一，《方伎 · 孟詵》，頁五一〇一至五一〇二。

④ 《大洞鍊眞寶經修伏靈砂妙訣》第四，載《正統道藏》，第三十一册，頁七〇七。

⑤ 參看 Ho Peng Yoke and Joseph Needham. " Theories of Categories in Early Mediaeval Chinese Alchemy ", *Journal of the Warburg and Courtauld Institute*, 22 (1959), 173-210.

⑥ 《陰眞君金石五相類》第二五，載《正統道藏》，第三十一册，頁八三四。

⑦ 參看 Ho Peng Yoke, " Chinese Alchemical and Mediaeval Prescriptions: A Preliminary Study ", *14th International Congress of the History of Science, Tokyo and Kyoto, Proceedings*, no. 3 (1974), 295-298.

⑧ 《新唐書》(北京、中華書局，一九七五年)，卷二〇二，列傳一二七，《文藝中 · 李白》，頁五七六二至五七六四。

⑨ 參看 Ho Peng Yoke, Goh Thean Chye and David Parker, "Po Chü-i's Poems on Immortality "。

⑩ 詳參何丙郁:《道藏 · 丹方鑑源》(香港、香港大學亞洲研究中心，一九八〇年)。

⑪ Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 5, pt. 3, p. 156, foot-note i . 香港大學中文系正在編纂一部關於道教煉丹著作和藥典中丹藥隱名的術語滙編。

六　五代與宋朝的煉丹術

煉丹術著作所用語調筆法的晦澀，從下引《大還丹照鑑·嚴君平口訣》可見一斑：

"鉛是鉛，汞是汞，只這兩般是鉛汞；龍是龍，虎是虎，只這兩箇同宗祖。若能識此坎離宮，離宮之下出黃土。黃土出黃芽，黃芽之下金花成。金花成，金花之下結紫精。紫精成，紫精之下出白金。白金沈，黃金浮，世人採沈作丹頭，搜取赤髓相和種。種有時，採有日，換筋骨添壽。歷天仙、地仙不思議，點鉛鐵兼瓦礫。一二三四五，水火木金土。但知明此訣，便是長生路。"①

《大還丹照鑑》是公元九六二年的作品，著者不詳。讀上引文時，除了注意它的隱晦風格外，還要留意作者引用了《易經》的體系及五行理論。

大概在九一八年，有一位和從前蘇元明同樣號稱"青霞子"的煉丹術家寫了一部礦物和金屬的手册名叫《寶藏論》。②當時，另有一部重要的煉丹術著作名爲《金石簿五九數訣》。李約瑟在《中國科學技術史》中認爲它是孫思邈前後的作品，但書中有"近唐"二字，所以現在較相信它是五代時的著作。③這部書描述怎樣辨認某些特性和形象不詳的物質。

五代時最值得注意的煉丹術著作無疑是獨孤滔的《丹方鑑源》。獨孤滔可能系出波斯，他把唐代的《丹房鏡源》一書重

新增訂整理，把將近二四〇種同類的藥物分爲二十五篇，描述它們的形狀、存象、丹藥方面的性能、醫藥上的功能及用途。這部書在波斯醫學家兼煉丹術家拉西(Al-Rāzi, 公元八六六年——公元九二五年）把一切物類分爲動物、植物、礦物三類後不久編成。因此，獨孤滔可能從波斯已經獲知拉西的分類，所以把毫無次序的《丹房鏡源》整理分類，同時又增加某些藥物，其中包括由波斯運到中國的物品，例如石麒麟碣（*Katil* 或Dragon's blood）、鹽綠（Persian Zingar）等。④

宋代出版的第一套木版印刷的《道藏》十分著名。道教經典的滙集，始於六朝，滙輯成“藏”，則在唐玄宗（李隆基，公元六八五年——公元七六二年；公元七一二年——公元七五六年在位）開元中（公元七一三年——公元七四一年），並在七四八年謄抄副本，又編有《三洞瓊綱》目錄。但大部分典籍在“安史之亂”時受到摧毀，後來在八六〇至八七三年間重輯，共收五千多部道經，可惜又因黃巢起事而受到毀壞。宋初，眞宗（趙恒，公元九六八年——公元一〇二二年；公元九九七年——公元一〇二二年在位）作第三次嘗試，終在一〇一九年編成《大宋天宮道藏》。一〇二二年，張君房纂輯《雲笈七籤》，似乎就是《大宋天宮道藏》的簡編輯要。到了徽宗（趙佶，公元一〇八二年——公元一一三五年；公元一一〇〇年——公元一一二五年在位）再次搜輯道經，從四五六五種增到五三八七種，並在一一一一年至一一一七年間把《道藏》首次刊印，稱爲《萬壽道藏》。可是這套《道藏》並不能應合書名內“萬壽”兩字的意義，不久便成爲戰火下的犧牲品，而且部分刻板流入金人手中。金朝在一一六四年另外刊印藏經，這套《道藏》共有六四五五種經典，可惜到了一二〇二年同樣受到戰火摧殘。

公元一二四四年，宋德方刊印《玄都寶藏》，收錄書籍七八〇〇種。但不到十年，部分藏經又被蒙古人奪去。

蒙古人又毀壞了其他未收入《道藏》的道教經典。最後到了明代，《正統道藏》在一四四四年刊刻，共有五三〇五卷，分裝四八〇函；一六〇七年又刊《萬曆續道藏》，共有一八〇卷，分裝三十函。兩書合共收了一四七六種書，內容十分龐雜，除道教經書外，還收集了諸子百家文集。一九二三年至二六年間，上海商務印書館據北平白雲觀藏本重刊正續《道藏》，爲現在的通行本。⑤《道藏》對研究中國煉丹術史極爲重要，因爲它是現存大量中國煉丹術典籍的唯一來源。

註 釋

① 《大還丹照鑑》第二三，載《正統道藏》，第三二册，頁三一四。

② 《寶藏論》一書已失傳，書中部分篇章見何丙郁：《科技文獻輯存》。

③ 參看 Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 5 pt. 3, p. 138; 及 Ho Peng Yoke, *On the Dating of Taoist Alchemical Texts* (Brisbane, 1979), pp. 15-16

④ 參看何丙郁：《道藏・丹方鑑源》，頁三一至三五。

⑤ 參看陳國符：《道藏源流考》，頁一〇五至二三一；及 Liu Ts'un-yan, "The Compilation and Historical Value of the *Tao-tsang*," in Donald Leslie, Colin Mackerras, Wang Gungwu (eds.), *Essays on the Sources of Chinese History* (Canberra: Australian National University Press, 1974), pp. 104-119.

七　唐宋兩代文人與煉丹術

唐宋兩代的文人與煉丹術有密切關係。唐代許多著名的文學家如李白、杜甫、韓愈、柳宗元、劉禹錫、白居易、元稹（公元七七九年——公元八三一年）等，都對煉丹術有認識。現以白居易爲例，看看唐代文人和煉丹術的關係。

從白居易的詩中，可以清楚知道他曾經和不少方士結交，其中有吳丹、郭虛舟、蘇煉師、韋煉師、張道士、王道士等煉丹術士。如他有一首詩題爲《尋王道士藥堂因有題贈》說:

行行覓路緣松嶠，步步尋花到杏壇。

白石先生小有洞，黃芽姹女大還丹。

常悲東郭千家冢，欲乞西山五色丸。

但恐長生須有籍，仙臺試爲檢名看。①

“黃芽”指硫黃或黃金；“姹女”指水銀或鉛。這兩個隱名及“大還丹”都出自魏伯陽所著的《參同契》。白居易對《參同契》有很大的興趣，他在《尋郭道士不遇》詩中說:

郡中乞假來相訪，洞裏朝元去不逢。

看院祇留雙白鶴，入門唯見一青松。

藥爐有火丹應伏，雲碓無人水自舂。

欲問《參同契》中事，更期何日得從容？②

後來他從郭虛舟學得《參同契》的祕訣。在《同微之贈別郭虛舟鍊師五十韻》中，有下面幾句:

授我《參同契》，其辭妙且微。

六一悶局鐍，子午守雄雌。

我讀隨日悟，心中了無疑。③

白居易大約在四十三歲的時候，和元稹同在郭虛舟指導下煉丹，結果失敗，他在同上詩中又說：

心塵未淨潔，火候遂參差。

萬壽覬刀圭，千功失毫釐。

先生彈指起，姹女隨煙飛。

始知緣會間，陰騭不可移。④

白居易因爲煉丹失敗，感到十分失望，在《燒藥不成命酒獨醉》詩中，可以了解他的心境：

白髮逢秋王，丹砂見火空。

不能留姹女，爭免作衰翁。

賴有杯中綠，能爲面上紅。

少年心不遠，只在半酣中。⑤

他的朋友劉禹錫有《和樂天燒藥不成命酒獨醉》詩，讀過這首詩，更明白到白居易的哀傷。引述如下：

九轉欲成就，百神應主持。

嬰啼鼎上去，老貌鏡前悲。

卻顧空丹竈，迴心向酒巵。

醺然耳熱後，暫似少年時。⑥

因爲煉丹不成，白居易沒有試服金丹。後來看到許多朋友因爲誤服金丹而中毒死亡，作了《思舊》一詩。這首詩是這樣的：

閒日一思舊，舊遊如目前。

再思今何在，零落歸下泉。

退之服流黃，一病訖不痊；

微之鍊秋石，未老身溘然；
杜子得丹訣，終日斷腥羶；
崔君誇藥力，終冬不衣綿；
或疾或暴夭，悉不過中年。
唯余不服食，老命反遲延。⑦

詩中的“退之”，有人說是韓愈，也有人說是衞中立。微之是元稹的別字。杜子是杜元穎；崔君是崔羣。雖然白居易說自己不服食丹藥，“老命反遲延”。但不是說他對長生不老藥失去信心，祇是他相信“長生雖有籍”，如果沒有仙緣，煉丹的人的實驗絕對不會成功，服食仙丹反而會中毒。所以他老年時期對佛教的興趣較濃厚，不過因爲自己和仙道無緣，而不是對金丹的信念有所動搖。⑧

煉丹術的風氣從唐代一直盛行到宋代。十一世紀時，潭州監修崔昉寫了一部《外丹本草》。⑨到了下一世紀，淮南西路學事盧天驥爲《參同契五相類祕要》作注。⑩上述兩位煉丹術著作的作者的官位比較低微，他們的生平行誼甚少爲人所知。然而，當時有許多著名的文人學士也沉迷於道教或煉丹術。一部分的原因是帝王在這兩方面的興趣和贊助所促成。例如大文學家蘇軾對煉丹術頗有認識，他曾向友人陳希亮示範煉丹的技藝。他的弟弟蘇轍（公元一〇三九年——公元一一一二年）曾爲《道德經》作注，又有煉丹的經驗。此外，名臣如范仲淹（公元九八九年——公元一〇五二年）、楊偕（公元九八〇年——公元一〇四八年）、竇舜卿亦通曉煉金術；雖然他們沒有親自實驗。道教的思想甚至影響到理學家周敦頤（公元一〇一七年——公元一〇七三年）、邵雍（公元一〇一一年——公元一〇七七年）。到了南宋，道教和煉丹術仍然盛行，即使大理學

家朱熹也爲《參同契》作注。

宋代文人和煉丹術的關係頗爲密切，現以南宋大詩人陸游（公元一一二五年——公元一二〇九年）爲例，以見一斑。

陸游生長在一個和煉丹術很有淵源的家庭。據他的《道室試筆》詩說：

吾家學道今四世，世佩施眞三住銘，
一窗蘿月照孤詠，萬壑松風吹半醒。[11]

傳說他的高祖父陸軫，在嵩山遇見仙人施栖眞，得道成仙，留下一部《修心鑑》。祖父陸佃，常跟道士來往。陸游又說祖母曾得仙人醫治重病。《老學庵筆記》的記載如下：

"祖母楚國夫人大觀庚寅（公元一一一〇年）在京師病累月，醫藥莫效，雖名醫如石藏用輩皆謂難治。一日，有老道人狀貌甚古，銅冠緋氅，一丫髻童子操長柄白紙扇從後過門，自言疾無輕重，一灸立愈。先君延入問其術，道人探囊出少艾，取一甎灸之。祖母方臥，忽覺腹間痛甚如火灼。道人遂徑去，曰九十歲。追之，疾馳不可及。祖母是時未六十，復二十餘年，年乃八十三，乃終。祖母沒後又二十年，從兄子楫監三江鹽場。偶飲酒於一士人毛氏，忽見道人衣冠及童子悉如祖母平日所言，方愕然。道人忽自言京師灸甎事，言訖遽遯去，遍尋不可得。毛君云：其妻病，道人爲灸屋柱十餘壯，脫然愈，方欲謝之，不意其去也。世或疑神仙，以爲渺茫，豈不謬哉？"[12]

從這則筆記末幾句話，可見陸游對於仙術，深信不疑。而在他的一萬多篇詩、詞、文章等作品中，有二百多篇和煉丹術有關。

陸游對成仙的願望和對這個短暫的世界的感覺，在他的《池上醉歌》中流露出來。這首詩大概是他年輕時在池畔的亭

子飲酒行樂時寫的，引述如下：

我欲築化人中天之臺，下視四海皆飛埃。
又欲造方士入海之舟，破浪萬里求蓬萊。
取日挂向扶桑枝，留春挽回北斗魁。
橫笛三尺作龍吟，腰鼓百面聲轉雷。
飲如長鯨海可竭，玉山不倒高崔嵬。
半酣脫幘髮尙綠，壯心未肯成低摧。
我妓今朝如花月，古人白骨生蒼苔。
後當視今如視古，對酒惜醉何爲哉？⑬

詩中的“化人中天之臺”，使人想到王莽在公元十年篡漢不久，聽從方士蘇樂的建議，興建“八風臺”希望在臺上祀天祭神，使他能成爲神仙。其次也使人聯想到唐武宗在公元八四五年築望仙樓。“方士入海之舟”必然源於秦始皇派人到蓬萊、方丈、瀛洲尋找不老藥的史事。扶桑是神話中的樹木，梁元帝（蕭繹，公元五〇八年——公元五五四年；公元五五二年——公元五五四年在位）在《金樓子》中有這樣一段記載：

“秦王遣徐福求桑椹於碧海之中。海中止有扶桑樹，長數千丈，樹兩根同生，更相依倚，是名扶桑。仙人食其椹而體作金光飛騰元宮也。”⑭

陸游想像通過上述兩種途徑成仙後，便能駕馭天體的運行和控制時間的消逝，又能使笛聲和鼓響變成龍吟和雷鳴的巨響。雖然在美人陪飲的良辰美景下，他沒有掩藏自己對成仙的渴望。

陸游對煉丹術抱有樂觀的態度，他在《六言雜興》第七首中寫道：

瘦馬羸僮道路，淸泉白石山林，
常得有衣換酒，不愁無法燒金。⑮

有些煉丹術家認爲煉金是取得長生不老的初步，遠在西漢，方士李少君便對漢武帝說：

"祠竈則致物，致物而丹沙可化爲黃金，黃金成以爲飲食器則益壽，益壽而海中蓬萊僊者可見，見之以封禪則不死。" ⑯

陸游所說的"燒金"，相信亦指求長生，而不是致富。

陸游在三十三歲時就進入仕途，曾被任命到各地，在旅途中遍遊名山大川，參觀道觀寺院，並結識了不少煉丹術家。例如在他大約四十歲的時候，在江西南昌外的西山遇到一個道人，獲得唐代著名丹師司馬承禎的《餌松菊法》。四十二歲那年，又獲得相傳是司馬承禎所作的《坐忘論》。他曾爲這兩部道經作跋；⑰有一個時期，陸游在山中尋找菊花、松子、茯苓等藥物，也許就是效法司馬承禎的長生祕訣。他的《遊學射觀次壁間詩韻》，記載了當時的情形，引述如下：

走遍人間鬢尚青，爾來樂事滿餘齡。
傍潭秋爽鉏甘菊，登嶽春暄采茯苓。
閉倚松蘿論劍術，靜臨窗几勘丹經。
嚴光本是逃名者，安用天文動客星。⑱

陸游也以詞著名，在他的《好事近》一詞中，說到了他尋找到一處古代煉丹的遺址：

揮袖別人間，飛躡峭崖蒼壁。尋見古仙丹灶，有白雲成積。　心如潭水靜無氣，一坐數千息。夜半忽驚奇事，看鯨波暾日。⑲

詞中以吸呼的次數表示時間，相當有趣。在休息的時候，常人每一分鐘吸呼十八至二十次。"數千息"表示經過了幾小時。這闋詞同時顯示陸游練氣養神，修煉內丹。

在陸游尋訪的煉丹遺跡中，包括有李八百煉丹的井。相傳李八百是在秦始皇時修煉成仙的。他在《高安州宅三咏・丹井》寫道：

丹成人已仙，遺灶亦已平，
尙餘松根井，鏘然環玦聲。
我來試一啜，槁面還童嬰。
祝君勿關鑰，人人遣長生。[20]

在陸游的詩篇中，也有不少是寫給煉丹士的，如下面所引的一首《金丹》，就是一個例子：

子有金丹煉即成，人人各自具長生。
施行要使俗仁壽，收斂猶能心太平。
劇飲似鯨身不倦，細書如蟻眼常明。
更餘一事君難學，富貴眞同涕唾輕。[21]

陸游大約在六十四歲致仕。大概從這個時候開始，他就進行煉丹實驗。地點可能在四川的青城山。以下是他在煉丹的道室中所作的一首詩：

筮遇風山第六爻。翛然盡謝俗間交。
謀生舊買云三頃，托宿新分鶴半巢。
露下丹芽生藥壟，月明金粉落松梢。
眉間喜動君知否，借得丹經手自抄。[22]

在八卦中，巽爲風，艮爲山，“風山”即蠱卦。第六爻即指上九，是退隱的意思。《易經》說：

“上九：不事王侯，高尙其事。”[23]

根據這首詩，陸游好像在退休時得到三頃田地。

在一個冬天晚上，陸游看守丹爐時，飮了少許酒，寫了下面的詩：

擁爐可使曲身直，飲酒能回槁面紅，

若使金丹眞入手，飛騰亦在立談中。㉔

在煉丹的過程中，陸游必遇到許多困難，他在《讀王摩詰詩愛其散髮晚未簪道書行尚把之句因用爲韵賦古風十首亦皆物外事也》之七中寫道：

稚川師鄭君，才及一卷書。

書大僅如箸，度世蓋有餘。

想其所論說，妙極軒昊初。

《內篇》今雖存，亦復飽蠹魚。

我欲探其原，蹇步空趦趄。

安得插兩翅，從公游太虛？㉕

稚川是葛洪的別字。鄭君即鄭思遠，他是葛洪叔祖葛玄的門徒，而葛洪跟隨他學習煉丹術。《內篇》當指葛洪的《抱朴子內篇》。軒昊即軒轅黃帝和少昊。

陸游在煉丹時雖遇到困難，但從他在一幅紹熙元年（公元一一九〇年）的卷子的題跋中，知道他在六十六歲時大功告成。然而他不敢立即服食煉成的金丹，下面兩首詩可作證明：

（一）《感舊絕句》之一

鴨翎堠前山簇馬，雞踪橋下水連天。

金丹煉成不肯服，且戲人間五百年。㉖

（二）《道院偶述》之二

憶在靑城煉大丹，丹成垂欲上仙班。

飄零未忍塵中老，猶待時平隱華山。㉗

陸游沒有立即服食所煉成的金丹，也許鑑於從唐朝中葉以來已經有不少人誤服金丹而中毒死亡。我們不知道陸游用甚麼材料煉製金丹；但據孫思邈的《太淸丹經要訣》，金丹是由同等份量

的黃金和水銀及兩倍份量的雄黃和兩倍份量的雌黃煉製而成。含有這樣重份量的水銀和砷的金丹的毒性是非常劇烈的。陸游在詩中提到丹砂最少有十三次。丹砂是硫化汞，燒起來可產生金屬汞和氣體的二氧化硫。金屬汞與硫磺合研，則變成黑色的硫化汞；加熱升華，則得紅色的丹砂。唐代的煉丹術家已曉得用destillatio per descensum的方法從丹砂中還原水銀。㉘陸游或許也用這種方法得到水銀來煉丹。陸游曾在湖南岣嶁山找尋丹砂，他在《道室雜題》記載說：

早訪丹砂上岣嶁，晚提河派溯昆侖。

《陰符》後出君無忽，三百奇文要細論。㉙

陸游不敢服食金丹反映出他那個時代的煉丹術家對金丹的一般態度。雖然陸游對金丹有很大信心，但恐怕習藝未精，萬一不能把毒氣完全消除，便會有性命危險。所以他寧願選擇另一個途徑，修煉內丹，以圖獲得長生不老。他在《晨讀道書》表示：

家貧悔嗜酒，年邁思學道。

雖云善補過，見事恨不早。

儒生守章句，忽忽遂將老。

豈間得奇書，足以慰華皓？

丹液下注臍，黃雲上通腦。

海山行當歸，白髮何足掃？㉚

事實上，他並不在這時才開始修煉內丹。在他製煉金丹以前，已經開始修煉。《宿上清宮》中有這樣的詩句：

早歲文辭妨至道，中年憂患博虛名。

一庵倘許西峯住，常就巢仙問養生。㉛

這詩後有注說："上官道人巢居山中。"巢仙就是指這位道人。

陸游練氣經過了一段很長的時間，感到內丹也沒有帶來預期的效果。在他的暮年中，他對長生的美夢日漸醒覺。他的心境在《春晚雨中作》一詩中表露了出來：

冉冉流年不貸人，東園靑杏又嘗新。
方書無藥醫治老，風雨何心斷送春。
樂事久歸孤枕夢，酒痕空伴素衣塵。
畏途回首濤瀾惡，賴有雲山着此身。㉜

在《春日雜興》第八首中，他又感歎地寫道：

四十餘年學養生，誰知所得亦平平。
體孱不犯寒時出，路濕常尋乾處行。㉝

在《松下縱筆》之三中，他又發出失望的心聲：

種玉餐芝術不傳，金丹下手更茫然。
陶公妙訣吾曾受，但聽松風自得仙。㉞

最後在他病危的時候，他就試服金丹。《病中示兒輩》詩中有下面的記載：

去去生方遠，冥冥死即休。
狂思攘鬼手，危至服丹頭。
有劍知誰與，無香可得留。
惟應勤學謹，事事鑒恬侯。㉟

白居易和陸游的詩篇，不但反映出唐宋兩代文人對煉丹活動的參予及對長生的渴望，而且也顯示出早期科學知識，沒有像現代科學一樣，與文學隔着一條鴻溝。許多唐宋的大詩人和文學家，都對早期化學有些認識。他們的作品有不少涉及這類學問，煉丹術祇是一個例子而已。因此，中國的文學作品亦是研究科學史的一個大寶藏。

註 釋

① 《白香山詩集》，卷十六，頁九上。
② 《白香山詩集》，卷十七，頁三下。
③ 《白香山詩後集》，卷一，頁九下至十下。
④ 同上。
⑤ 《白香山詩後集》，卷十四，頁十五下。
⑥ 《劉夢得文集・外集》（《四部叢刊》本），卷四，頁十五下。
⑦ 《白香山詩後集》，卷三，頁六下。
⑧ 參看 Ho Peng Yoke, Goh Thean Chye and David Parker, "Po Chü-i's Poems on Immortality".
⑨ 參看 Ho Peng Yoke and Beda Lim, "Ts'ui Fang, a Forgotten 11th-century Chinese Alchemist," *Japanese Studies in the History of Science*, 11 (1972), 103-112.
⑩ 參看 Ho Peng Yoke and Joseph Needham, "Theories of Categories in Early Mediaeval Chinese Alchemy."
⑪ 陸游:《劍南詩稿》,卷六十,載《陸游集》（北京、中華書局，一九七六年），第三册，頁一四五三。有關陸游及他和煉丹術的關係，詳參 Ho Peng Yoke, Goh Thean Chye and Beda Lim, *Lu Yu, The Poet-Alchemist* (Canberra: The Australian National University, 1972).
⑫ 陸游:《老學庵筆記》（上海、商務印書館，一九一九年影涵芬樓藏板本），卷五，頁三下至四上。
⑬ 《劍南詩稿》卷一，載《陸游集》，第一册，頁一二五。
⑭ 蕭繹:《金樓子》（《四庫全書珍本別輯》本，台灣、商務印書館，一九七五年），卷五，頁十八下。
⑮ 《劍南詩稿》,卷五六，載《陸游集》，第三册，頁一三七五。
⑯ 《史記》，卷二八，《封禪書》，頁一三八五。
⑰ 《跋司馬子微餌松菊法》，載《渭南文集》,卷二六（《陸游集》，

第五册，頁二二二九）；《跋坐忘論》兩篇，分載《渭南文集》卷二六、二八（第五册，頁二二二六、二二五七）。

⑱ 《劍南詩稿》，卷七，載《陸游集》，第一册，頁二〇二。

⑲ 《劍南詩稿》，卷四九，載《陸游集》，第五册，頁二四六四。

⑳ 同上，卷十二，載《陸游集》，第一册，頁三五八至三五九；這首詩題下有小注說："神仙李八百煉丹處。"

㉑ 同上，卷四五，載《陸游集》，第三册，頁一一三一。

㉒ 同上，卷六一，《道室》，載《陸游集》，第三册，頁一四六四。

㉓ 《周易》，卷二，頁九下。

㉔ 《劍南詩稿》，卷三八，《冬夜爐邊小飲》，載《陸游集》，第二册，頁九七九。

㉕ 同上，卷六三，載《陸游集》，第四册，頁一五一四。

㉖ 同上，卷十二，載《陸游集》，第一册，頁三三六。

㉗ 同上，卷七十六，載《陸游集》，第四册，頁一七七八。

㉘ 參看Ho Peng Yoke and Joseph Needham, "The Laboratory Equipment of the Early Mediaeval Chinese Alchemists", *Ambix*, 7 (1959), 57-115, esp. p.88. 關於這種溜蒸法所用的儀器，參看下章。

㉙ 《劍南詩稿》，卷四六，載《陸游集》，第三册，頁一一六五。

㉚ 同上，卷十八，載《陸游集》，第二册，頁五三一。

㉛ 同上，卷八，載《陸游集》，第一册，頁二一八。

㉜ 同上，卷五七，載《陸游集》，第三册，頁一三八一。

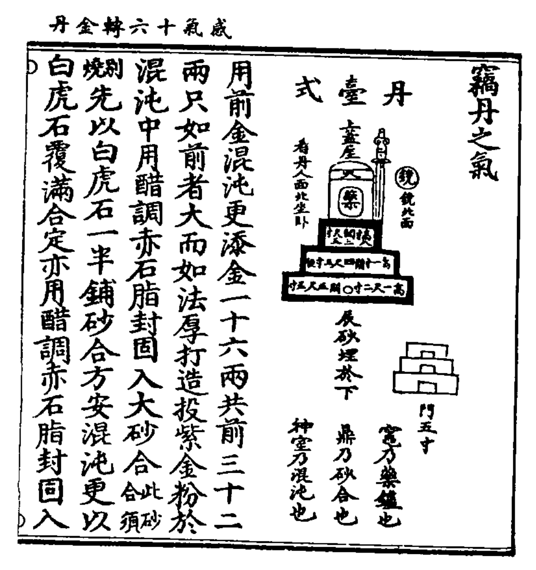
㉝ 同上，卷八一，載《陸游集》，第四册，頁一八八〇。

㉞ 同上，卷二六，載《陸游集》，第二册，頁七一一。

㉟ 同上，卷八五，載《陸游集》，第四册，頁一九六七。

八　煉丹設備

雖然遠在公元二世紀魏伯陽的《周易參同契》中已描述過一種煉丹器具——鼎器，但祇有宋代幾部丹經詳細解說中國煉丹術家所用的儀器，其中最重要的當推吳悮在公元一一六三年編撰的《丹房須知》①煉丹通常在一個靜室進行，室內設有一個三層高的壇。據宋代佚名作者的《感氣十六轉金丹》，煉丹的壇高三尺六寸，各層的高度並不相等。②（參圖六五）


感氣十六轉金丹

竊丹之氣

丹臺式

用前金混沌更添金一十六兩共前三十二兩只如前者大而如法厚打造投紫金粉於混沌中用醋調赤石脂封固入大砂合此砂合須別燒先以白虎石一半鋪砂合方安混沌更以白虎石覆滿合定亦用醋調赤石脂封固入

圖六五　煉丹壇圖

丹房須知

未濟爐

既濟爐竈

後得正本校勘却只用既濟鼎竈云魏伯陽

圖六六 《丹房須知》所載爐竈圖

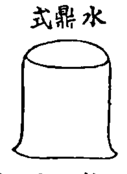
感氣十六轉金丹

合子於水鼎上具式如後

爐式

爐用土做或以瓦燒成器通身要高二尺二寸徑一尺二寸上兩竅如折二錢大下三竅如小銅錢大

水鼎式



水鼎乃磁器可貯水三升者要鼎口與合子底一般大每用水鼎入沸湯六七分滿

圖六七 《感氣十六轉金丹》所載爐式

在壇的最高一層，放有爐或竈，形狀各有不同。（參圖六六、六七）通常把盛載着丹藥材料的器皿放在爐上，然後在爐中點火燃燒。張君房在公元一〇二二年完成的《雲笈七籤》載有這方面的圖解。（參圖六八）

另一部可能也是宋代的丹經《太極眞人雜丹藥方》載有使用較猛烈的火的圖說，稱爲“陽爐武火”。（參圖六九）

在煉丹術的研究中，有些儀器的名稱不容易了解，“鼎”就是一個例子。一般來說，鼎是一個圓形、三足兩耳的器皿。可是在煉丹術的術語中，它指被火在外面燃燒的反應器，也可能指鼎內載着丹藥物質的另一個器皿。據大概是宋代不知名煉

圖六八　《雲笈七籤》所載“採眞鉛汞圖”



圖六九　“陽爐武火”圖

丹士所作的《玉洞大神丹砂眞要訣》，鼎分金鼎、銀鼎、銅鼎、鐵鼎、土鼎五種。其次，不是每一種都有鼎足的，如上述提到的《感氣十六轉金丹》所載的“水鼎”和“混沌鼎”，就是沒有鼎足的。（參圖六七、七〇）

另一種和鼎的作用相同的是“匱”。它可能是一個簡單的盛載煉丹物質的容器，或可以是一個載有容器的反應壺。《太極眞人雜丹藥方》中載有不同形狀的匱，可供參考。（見圖七一、七二、七三）

中國煉丹術家所用的最重要儀器或許就是藥釜。它是由兩個口接口的坩堝似的碗合成。在現存的道教丹經中，並沒有這種器皿的圖，但在《太清石壁記》中，卻提到它的製造法，引述如下：

第六

將明窻塵一弗投混沌底將紫河車更研入
雌黄四兩同研細投明窻塵中其上更以明
窻塵覆之醋調赤石脂固混沌口縫外更用
大砂合納以白虎石鋪蓋其安混沌於當中
亦以醋調赤石脂固口縫入爐坐合子於鐵

圖七〇　"混沌鼎"圖

第五

百來下即更入藥又攪三百下即住先將
挺楷子安火上炙令熱下少許油次瀉出
金汁上用濕紙蓋之法別行

鵬黃　紫霜　嬰兒　砂子　大期各等分
右件藥於乳鉢中研三百下令如粉即住

圖七一　《太極眞人雜丹藥方》所載匱圖（一）

太極真人雜丹藥方

三斤

白虎匱

黄芽匱

同前

血紫 帝女 白腦 鵬 鐵 波

右件藥入乳鉢中細研如粉即入聖石匱

中養三十一日滿後取出依前細研如粉

又入三味流硃鵬入三味了依前入匱中

養七日滿後用武火鍛令通赤放冷取出

圖七二　《太極眞人雜丹藥方》所載匱圖（二）

太極真人雜丹藥方

放冷取出入陰爐七日滿後取出臨用之

時先將前件物入於甘堝子內鎔成汁遂

下藥一錢用桑筧攪三百下即住

用匱　陰爐　青龍匱

獨法別行　紫　白血　流　花　汞　鹽　黄花

右件藥入黄芽一兩汞一兩同研如粉了

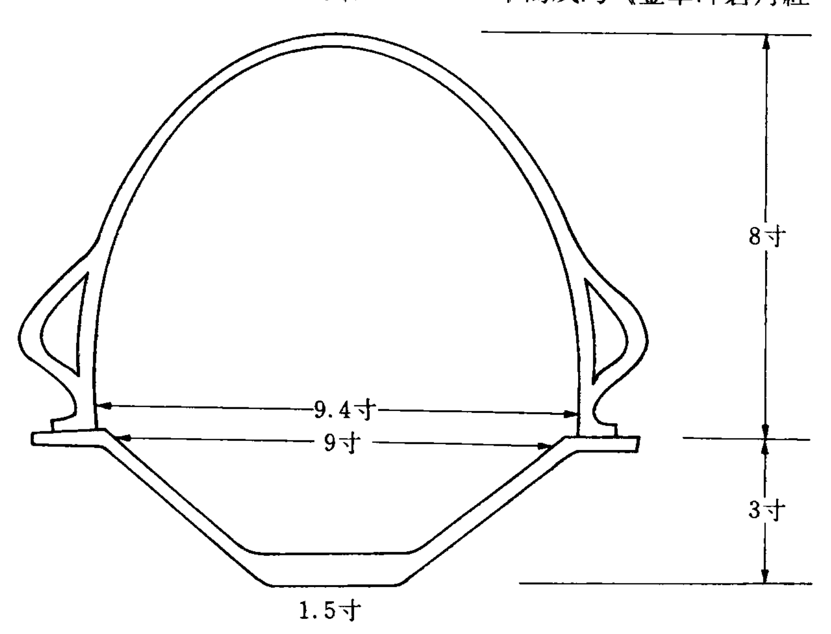
即入陰爐中養二七日每日用文武火六

圖七三　《太極眞人雜丹藥方》所載匱圖（三）

"其下鐵釜受一斗，徑九寸，深三寸。底柜火處厚八分，四畔厚三分，上下闊狹相似，平作底。周廻脣闊一寸半，厚三分，亦平。兩畔耳長三寸，去上脣三寸半。上蓋燒瓦作之，徑九寸四分，深八寸，厚三分，上蓋稍圓，平作之。此釜樣是初出精藥，所以大。若出精藥後，宜用小釜轉之。小釜據徑口六寸，深二寸半，自外形勢厚薄同前大釜。蓋徑六寸二分，深六寸，自外形勢與前不同。"③

據上引《太清石壁祕訣》，藥釜的形狀約如圖七四。

中國煉丹術家應用不同的方法使丹藥物質保持一定程度的溫度。在《道藏》的一些丹經中，解釋過蒸氣儀器、水浴器、冷凝器及冷卻套等。如彭耜在一二二五年寫成的《金華冲碧丹經



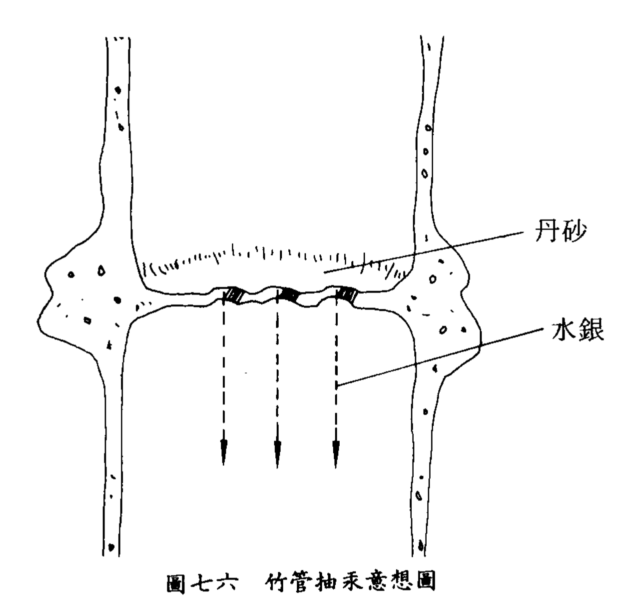
圖七四 藥釜意想圖

祕旨》載有上述一系列的儀器，並對部分儀器作過詳細說明。圖七四便是書中一種冷卻儀器。圖中名叫“水海”的貯液器及附着的水管是用來控制溫度，確保沸水和丹藥物質隔離。插進鼎中央的閉口管表示丹藥物質能夠在鼎的中央冷卻。

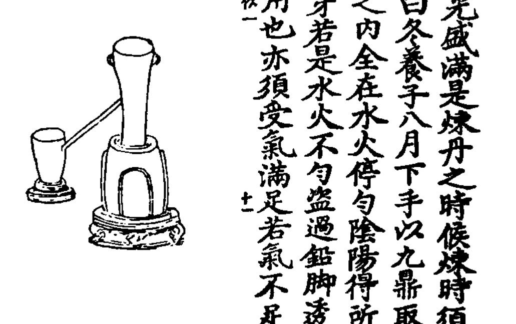
蒸溜在煉丹過程中擔當一個重要的角色。Destillatio per descensum是最古老的蒸溜法之一。唐代的丹經《黃帝九鼎神丹經訣》載有用兩節竹管從丹砂抽取水銀的方法。(參圖七六)在周去非的《嶺外代答》（公元一一七八年著成）中，有以下一段關於 destillatio per descensum的記載:

“邕人煉丹砂爲水銀，以鐵爲上下釜，上釜盛砂，隔

圖七五　鍊鉛汞歸祖既濟圖



圖七六　竹管抽汞意想圖



丹房須知

抽汞之圖

金汞圓時蟾光盛滿是煉丹之時候煉時須八月許真君曰冬養子八月下手以九鼎取黃芽至十月之內全在水火停勻陰陽得所自然化出靈芽若是水火不勻盜過鉛脚透入靈芽不堪用也亦須受氣滿足若氣不足丹亦不伏

圖七七　《丹房須知》所載"抽汞之圖"

以細眼鐵板，下釜盛水埋諸地。合二釜之口於地面而封固之，灼以熾火。丹砂得火化爲霏霧，得水配合轉而下墜，遂成水銀。”④

《丹房須知》載有“抽汞之圖”。（參圖七七）其他蒸溜器圖尙可在《稚川眞人校證術》及《金華冲碧丹經祕旨》中看到。然而這兩部書的解說不甚正確，必須重新闡釋才能符合這些儀器的應用。

在中國煉丹術家的實驗室中，還有許多輔助儀器，其中一些和藥師所用的相同。例如椎是用來碾磨的，有些椎用石製的，有的用木，也有的用玉。又如用馬毛或幼絲做的篩，用來分開粗幼的粒子，而羽毛可用來掃擦。事實上，很多煉丹器皿好像普通家庭用具或廚具，鐺和鍋就是其中的例子；前者是一個暖酒用的有足器皿，後者是一個煎炒食物用的薄鐵平底炊具。

註 釋

① 關於中國煉丹設備，參看 Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 5 pt. 4, section 33(f)及Ho Peng Yoke and Joseph Needham, “The Laboratory Equipment of the Early Mediaeval Chinese Alchemists.”

② 《感氣十六轉金丹》第七，載《正統道藏》，第三一册，頁四五；但據同書所載“丹臺式”圖，最低一層高一尺二寸，中間一層高一寸，最上一層高八寸（頁四六，並參圖六四）。

③ 《太淸石壁記》，卷上第十四，載《正統道藏》，第三一册，頁五三八。

④ 周去非：《嶺外代答》（《四庫全書珍本別輯》本，台灣、商務印書館，一九七五年），卷七，《煉火銀》，頁十二下。

九　中國煉丹術的衰落

在許多著名的金丹毒事例的陰影下，人們對服食仙丹這個最後階段愈來愈謹慎。儘管如此，他們對於人類能夠長生不老的信念仍然和前人一樣堅强。於是他們採取一個比較安全的途徑，希望藉着修煉內丹來達到長生不老的境界。因此，煉丹術的著作，尤其是魏伯陽的《參同契》，被內丹派和外丹派賦予各種不同的解釋，而內丹派的影響力愈來愈大，漸漸連《參同契》也被視爲討論房中術的著作。所以到了宋代末年，中國煉丹術已走上衰退的階段，後來元憲宗（蒙哥，公元一二五一年——公元一二五九年在位）下令焚燒《道藏》，更加速了它的沒落。

煉丹術家把注意力轉到植物界，試圖爲追求長生不老而作出最後的努力。在一些宋代道教丹經中，已有跡象顯示煉丹所用的植物數量日漸增加。然而，煉丹術家大量找尋植物和蔬菜作爲煉丹材料，則在元代及明初。雖然我們無法知道在這期間致力於找尋長生不老植物的煉丹術家的姓名，但《道藏》至少收錄了兩部這類的書。它們是《純陽呂眞人藥石製》和《軒轅黃帝水經藥法》，大概都是元末的作品。①另一部名叫《蓬萊山西竈還丹歌》的丹經，也屬同一系統。它載有一七二首關於有長生不老效用的植物的詩歌。雖然這書相傳是一個名叫黃玄鍾的人所作，而且書中有一篇題爲漢武帝所作的序；但書中的

歌訣都是五言絕句體，所以决不是唐朝以前的著作。儘管它眞正的寫作年代還未能確定，但如果日後證明它和《純陽呂眞人藥石製》和《軒轅黃帝水經藥法》是同時期的書，也不會出乎意外的。

《純陽呂眞人藥石製》載有六十九首詩，其中第四十六首已散佚，第四十五首不完整。現徵引第三首作爲例子：

《對節龍芽·益母》

青葉白華長野田，燒煉成霜大有賢，

伏製五金幷八石，鴉滄尚自得延年。②

據上引詩，《純陽呂眞人藥石製》舉出長生不老植物的隱名，及描述它們的品質和在煉丹方面的特性。另一方面，《軒轅黃帝水經藥法》是一部講解礦物、植物、醋與酒精的水溶液的著作，包括有三十二種不同的水溶液，而每種都有自己不可思議的性質。書中又有長生不老植物及它們的隱名、性能的詞彙表，其中六十一種並見於《純陽呂眞人藥石製》一書。

前文說過，在東漢以前有兩個不同的煉丹術傳統：一個尋找不老藥；另一個嘗試製造黃金。這兩個傳統在魏伯陽的時代滙合爲一，而促成它們結合的因素就是醫學。從此中國煉丹術家把製造黃金作爲最後獲得長生不老的第一個步驟。因此，不老藥不僅擁有把普通人轉變爲神仙的效能，也可以使普通金屬變成黃金。起初中國煉丹術家主要用礦物和石作爲實驗的材料，可是很多礦物如水銀、砷、鉛等都有劇毒，使到唐代許多帝王和士大夫因餌服丹藥而死亡。到了宋末及元代，煉丹術家轉向植物界尋求長生不死藥，而促成這次轉變的因素同樣可在中國醫學史內找到。在宋代，有許多重要的藥典先後出版，即使《道藏》也收錄好像寇宗奭等所著的《圖經衍義本草》等醫

經，顯示出醫藥著作對道教和煉丹術的影響。明代以前，煉丹術家正在找尋有仙藥效能的植物。但到了明代初期，已進一步研究野生植物作爲災荒時另一個食物來源。周定王朱橚（公元一三六一年——公元一四二五年）在一四〇六年著有一部關於可作爲食物的野生植物的書，名叫《救荒本草》。對於這部書，有兩點值得注意：第一，書中不少數目的植物也見錄於《純陽呂眞人藥石製》和《軒轅黃帝水經藥法》；第二，"本草"一詞顯示《救荒本草》所載的植物被視作醫藥物質，從而可見到煉丹術和醫學在物質上的結合屬於植物界方面。

在歐洲，直到十六世紀，醫學家、化學家巴拉賽爾蘇斯才最先把煉丹術轉向醫療化學上去。他主張採用礦物作爲藥物，而當時醫學界則按照傳統採用植物來作藥物。因此他的工作最初受到廣泛的反對，直到他和醫學界展開一場大爭論後，而化學家在醫學方面的成績也勝過蓋倫派草本藥劑師（Galenists），才得到完全勝利。中國並沒有發生過任何有關應否使用礦物爲藥物的爭辯。中國的醫藥博物學家對待動物、礦物物質與處理植物界的物質沒有分別。他們成功的地方是遏止了採用有毒金屬及礦物作爲大量的煉丹劑的風氣，並使煉丹術家從礦物界轉到植物界找尋煉丹材料。

註　釋

① 參看Ho Peng Yoke, Beda Lim and F. Morsingh, "Elixir Plants: The *Ch'un-yang Lü Chen-jen Yao Shih Chih* (Pharmaceutical Manual of the Adept Lü Ch'un-yang)", in Shigeru Nakayama and N. Sivin (ed.), *Chinese Sci-*

ence: Exploration of an Ancient Tradition (Cambri-dge, Mass.:Harvard University Press, 1973), pp. 153-202.

② 《純陽呂眞人藥石製》第一，載《正統道藏》，第三一册，頁七九二。

十　明代的煉丹術

煉丹術到了明代雖然已經式微，但明代不少君主仍然渴求長生之術。明太祖朱元璋以一介平民，驟登大寶，自然希望能永久擁有帝位，享受尊榮。因此到處訪查著名的道士，期望獲得長生的祕訣。在他查訪的道士中，包括有張三丰。①雖然現存張三丰的著作中沒有提到煉製丹藥，但他的門徒沈萬三熟悉鉛和水銀的性質。沈氏可能利用水銀把鉛和鐵點化爲黃金和白銀。他的女兒沈玉霞相傳是一個煉丹術家。明成祖（朱棣，公元一三六〇年——公元一四二四年；公元一四〇二年——公元一四二四年在位）即位後，也派人訪尋張三丰，但和朱元璋一樣徒勞無功。自成祖以降，仁宗（朱高熾，公元一三七八年——公元一四二五年；公元一四二五年在位）、宣宗（朱瞻基，公元一三九九年——公元一四三五年；公元一四二五年——公元一四三五年在位）、英宗（朱祁鎮，公元一四二七年——公元一四六四年；公元一四三五年——公元一四四九年及公元一四五七年——公元一四六四年在位）、憲宗（朱見深，公元一四四七年——公元一四八七年；公元一四六四年——公元一四八七年在位）及世宗（朱厚熜，公元一五〇七年——公元一五六七年；公元一五二一年——公元一五六六年在位）等都曾服食各種丹藥，而世宗竟因此中毒而病重。於是爲世宗煉製仙丹的太醫王金便受到處分。在明代的煉丹術家中，傅汝舟較爲有名，相傳

他能造僞黃金和配製仙丹。

雖然明朝的君主熱中於煉製長生不老藥，但當時煉內丹比煉外丹更爲流行。儘管煉外丹的術語和詞彙被內丹派所徵用來敍述練氣養神的方法，但內丹派的著作十分玄妙隱晦，外丹家往往不能理解。現引李文燭在一五九八年所作的《黃白鏡》來說明。《黃白鏡·十四照玄牝》：

> "玄牝二物，居於天地之正位，隱於坎（☵）離（☲）之中爻。坎中一畫奇爻爲戊，土爲金，鉛爲玄，陽爲眞父，故曰坎戊玄土金爲父。離中一畫耦爻爲己，土爲木，汞爲牝，陰爲眞母，故曰離己牝土汞爲母。"②

雖然明代流傳大批道教典籍下來，在整個朝代中幾乎沒有一部堪稱的著作。明代最著名的煉丹術書籍，當推《黃白鏡》。然而讀者試讀上文或書中任何一節，都會有莫測高深之感。

魏伯陽的《周易參同契》，是明代煉丹術家鑽研的一部著作。但他們大都從內丹的角度進行研究，比較重要的論著有王文祿的《參同契疏略》。楊愼（公元一四八八年——公元一五五九年）自稱發現了一部《古文參同契》，但是這部書的來歷和眞僞頗有問題。而明代學者在這方面的著作，對煉丹術沒有多大的貢獻。

中國最後的煉丹術著作是朱權（公元一三九〇年——公元一四四八年）的《庚辛玉册》。它大概是宣德中（公元一四二六年——公元一四三五年）的作品。朱權的著作極爲豐富，用他的名義撰述及編纂的著作至少有五十多種，而且內容相當廣泛，由古典文學到歷史，由戲曲到音韻學，從詩歌至音樂，從醫學至煉丹術等，他都曾經染指。據李時珍（公元一五一八年——公元一五九三年）《本草綱目》，《庚辛玉册》共有兩卷，

分爲七部：即(1)金石部、(2)靈苗部、(3)靈植部、(4)羽毛部、(5)鱗甲部、(6)飲饌部、(7)鼎器部，計有五四一品。書中的資料取材自崔昉《外丹本草》、土宿眞君《造化指南》、獨孤滔《丹方鑑源》、軒轅述《寶藏論》及青霞子《丹臺新錄》等書。據《通志略》，《丹臺新錄》爲夏有章所著，可是他的生平行誼無從稽考。③

上述"靈苗"及"靈植"兩部的名稱顯示朱權承襲了元代的《純陽呂眞人藥石製》和《軒轅黃帝水經藥法》等丹經考查野生植物的傳統。《庚申玉册》的分類使人想到中國藥典自開始以來都是分類叙述的，如《神農本草經》便是其中一例。這是中國醫學和煉丹術結合的另一個證據。

《庚辛玉册》特别引人注意的是關於用植物來找尋金屬一節。④我們知道，地底若有某種金屬元素，可以影響植物的外型。其次，各種植物儲藏金屬元素的能量有很大的變化。挪威的地球化學家戈爾德施米特(Victor Moritz Goldschmidt，公元一八八八年——公元一九四七年)在一九三五年最先解説植物可作爲若干金屬元素的濃縮器和指示器。植物從下層土吸收元素，然後把它們儲藏在樹葉裏。樹葉最後會落在地上和腐爛。當它們腐爛時，所含比較難溶解的元素會留在上層土，而較易溶解的元素就滲透入下層土。因此，如果下層土有大量某種元素，在上面生長的植物就會吸收這種元素，同時把它淤積在上層土內。這個過程一直繼續下去，直到植物不能容忍這種元素的濃度而枯死。結果，祇有適合的植物品種才能生存和茂繁。

公元一世紀前的《山海經》把黃金和蕙棠配合起來。晉代的張華(公元二三二年——公元三〇〇年)提到禹餘糧可以在

大量蓼生長的土地找到。《地鏡圖》提到葱和韭指示黃金和白銀的藏地，以及一些黃色和紅色的草指示有青銅及鉛。宋代的蘇頌在一〇七〇年撰的《本草圖經》描述從馬齒莧提煉水銀的方法。然而，還是《庚辛玉册》中叙述植物能指示金屬藏地的內容最爲詳盡，引述如下：

"透山根似蔓菁而紫，含金氣，石楊柳含銀氣，馬齒莧含汞氣，艾蒿粟麥含鉛錫之氣，酸芽三葉酸含銅氣。"⑤

把《庚申玉册》提到的植物進行科學實驗，找出它們是否眞的含有金屬是很有價値的。遺憾的是，我們很難鑒定這麼多的植物名稱。在歐洲方面，十八世紀以前完全不知道植物可指示金屬的儲藏地。直到亨克爾（J. F. Henckel）出版《含鉛植物》（*Flora Saturnisans*），才開拓了土地生物學的領域。

現在不能鑒定是甚麼植物的"透山根"頗爲有趣。根據《庚申玉册》，這種植物在武都出產，它的液汁能夠點鐵成金。但它同時含有烈毒，如果不小心吃了就會化爲紫色的液體。這也許衹是一種傳說中的植物。

明代煉丹術的知識也保留在劉文泰的《本草品彙精要》（公元一五〇五年）和李時珍的《本草綱目》（公元一五九六年）兩部醫學典籍裏。《本草綱目》被公認爲中國醫典中最偉大的著作。從煉丹術的觀點看來，這部書的重要性主要在它徵引了現代已散佚的書籍，及所載有關醫療化學（iatro-chemistry）在當時的流行和實習情形。如在書中叙述的幾種製造胡粉的方法中，李時珍引錄了何孟春《餘冬錄》所載嵩陽採用的方法和步驟。他說嵩陽人把鉛塊懸在酒缸內，封閉四十九天，然後揭開封蓋，鉛塊便化爲粉。把這個方法和"荷蘭法"（Dutch process）的製胡粉方法作一比較，是一件饒有趣味的事。用

後面的方法，鉛醋酸鹽在中間的階段形成。⑥《本草品彙精要》和《本草綱目》的性質相同，它提到當時煉丹術在醫學實習上的應用。例如書中載有提煉“靈砂”的方法說：

“升鍊之法：用符陵平土水銀四兩入鐵鍋內，以硫黃末一兩，徐徐投下，慢火炒作靑砂頭。候冷研細，內陽城罐中，上坐鐵盞。將鐵線纏束數匝，釘鈕之，彈線聲淸亮爲緊。以赤石脂入鹽，密封其縫。仍用鹽泥和豚毛，通令固濟，厚一大指許，日乾之。藉以鐵架爲磚作爐，外以文火自下煆，至罐底約紅寸餘。以香爈一炷，復用武火漸加至罐口，候香爈二炷爲度。鐵蓋貯水，淺則益之。乃既濟之義也。候冷取出，其砂升凝盞底，如束針紋者，則成就矣。”⑦

這個方法是劉文泰從胡演《丹藥祕訣》中摘錄出來的，《丹藥祕訣》是煉丹術的要籍之一，原書已佚，而“靈砂”的提煉方法，幸得劉書而保存下來。

宋應星（公元一五八七年——？）在公元一六三七年刊行的《天工開物》是明代科學技藝的巨著，其中對煉丹術也稍有涉及。李約瑟稱宋應星爲“中國的狄德羅”（The Diderot of China）。近二、三十年來，全世界研究中國科技史的學者都對這部書進行研究。藪內淸曾把它譯成日文，孫守全和孫任以都伉儷又把它譯爲英文。⑧此書叙述當時所有的重要工藝技術，包括農業、紡織業、煮鹽、製糖、陶瓷器、冶鑄業、礦業、造紙及製造武器和船隻的化學工程。書中涉及的煉丹術，並沒有多大貢獻，作者的目的祇在叙述當時流行的實習而已。例如書中也談到胡粉的製法：

“凡造胡粉，每鉛百斤，熔化，削成薄片，卷作筒，

安水甑內，甑下甑中各安醋一瓶，外以鹽泥固濟，紙糊甑縫。安火四兩，養之七日。期足啓開，鉛片皆生霜粉，掃入水缸內。未生霜者，入甑依舊再養七日，再掃，以質盡爲度。其不盡者留作黃丹料。每掃下霜一斤，入豆粉二兩、蛤粉四兩，缸內攪勻，澄去清水，用細灰按成溝，紙隔數層，置粉於上。將乾，截成瓦定形，或如磊塊。待乾收貨。此物古因辰、韶諸郡專造，故曰韶粉。”⑨

這個方法和《本草綱目》記載的方法大同小異。

其他明代的著作中也偶然涉及煉丹術。如馮時化在一五七〇年寫成的《酒史》，搜輯過往有關飲酒和釀酒的文獻，但對製酒的知識沒有新的貢獻。徐炬的《酒譜》也大致相同。周嘉胄在一六一八年著有《香乘》，是一部輯錄過去有關香的著作的叢編。羅頎的《物原》列出傳統工藝技術的發現或發明人，但也提及一些有關煉丹術的新物質如火藥、烟火、石灰、甘汞、硝石和酒等。其中有趣的是作者認爲老子是第一個煉丹術家。相類的著作有王三聘《古今事物考》、趙錢《古今原始》等。此外如楊愼的《丹鉛雜錄》，提到製造墨、香、紙的方法；馮夢龍（公元一五七四年——公元一六四六年）的《增廣智囊補》提及兩件欺詐的事，其中一件發生在十六世紀，是關於一個對煉金術有興趣的人，被一個煉金術士欺騙的故事。茅元儀在一六二八年出版的《武備志》說及火器和大量較早時的軍事科學書籍。總括來說，從煉丹術的觀點着眼，上述著作沒有加添新的內容。

從煉製長生不老藥及製造僞黃金的角度看來，煉丹術當是明朝人心目中一個普通科目。所以小說如《西遊記》、《今古奇觀》，雜記如《西園聞見錄》等都常提到煉丹術，可見它在

當時是一個流行的話題。可是，明朝人似乎對製煉丹藥的眞正過程不甚了解，所以使到煉丹術顯得神祕莫測。其次，由於敘述時常用隱語，即使方士本身也感到混淆不淸。

西方的煉丹術在十七世紀初次傳到中國。公元一六二六年，意大利傳敎士高一志(Alphonso Vagoroni)在他的《空際格致》一書中介紹希臘的"四元學說"。接着湯若望把火藥配方傳授給焦勖。據說當時的傳敎士也把阿格利柯拉(Agricola)的化學工藝著作《論金屬》(*De re metallica*)傳入中國。儘管這樣，歐洲在明代的時候還沒有現代化學。中國煉丹術在明亡以後，日漸式微，直到鴉片戰爭以後，現代化學才由歐洲傳入中國。

註　釋

① 關於張三丰的生平和著作，參看 S. H. Wong, "The Cult of Chang San-feng," *Journal of Oriental Studies*, 17 (1979), 10-53.

② 李文燭：《黃白鏡》(《寶顏堂祕笈》本)，頁二下。

③ 參看 Needham, *Science and Civilisation in China*, vol. 5 pt. 3, p. 210-211; 有關這幾部書的佚文，參看何丙郁:《科技文獻輯存》。

④ 關於植物指示器及土地植物學，參看 Needham, *op. cit.*, vol. 3, p. 676 ff.

⑤ 參看何丙郁，上揭。

⑥ 參看 Ho Peng Yoke, " Alchemy on Stones and Minerals in Chinese Pharmacopoeias," *Chung Chi Journal*, 7(1968), p. 155-170.

⑦ 劉文泰:《本草品彙精要》(北京、人民衞生出版社，一九六四年)，卷三，《玉石部中品之上》，第一册，頁一五六。

⑧ 宋應星著，藪内清譯註:《天工開物》(東京、平凡社，一九六九年); Sung Ying-hsing, *T'ien-kung K'ai-wu: Chinese Technology in the Seventeenth Century*. Tr. by E-tu Zen Sun and Shiou-chuan Sun (University Park: the Pennsylvania State University Press, 1966).

⑨ 宋應星:《天工開物》(香港、中華書局，一九七八年)，頁三七三。



參考書目

本書目祇列出本書曾徵引的書籍和論文，其他參考文獻詳載李約瑟《中國科學技術史》各卷的參考書目，恕不一一列舉。

一、公元一八〇〇年以前的中文書籍

（按書名筆畫排列）

《九章算術》，（東漢）佚名，《四部叢刊》本。

《三命通會》，（明）萬民英，《四庫全書珍本》四集，台灣、商務印書館，一九七三年。

《大洞鍊眞寶經修伏靈砂妙訣》，（唐）陳少微，載《正統道藏》，台灣、新文豐出版公司影北平白雲觀本，一九七七年。

《大戴禮記》，題戴德著，實際上大概爲（東漢）曹褒編，《四部叢刊》本。

《大還丹照鑑》，（五代）佚名，載《正統道藏》，台灣、新文豐出版公司影北平白雲觀本，一九七七年。

《文子》，（漢）佚名，《四部備要》本。

《天工開物》，（明）宋應星，香港、中華書局，一九七八年。

《太平御覽》，（宋）李昉（等），北京、中華書局，一九六〇年。

《太淸石壁記》，（梁）蘇元明（著），楚澤先生（編訂），載《正統道藏》，台灣、新文豐出版公司影北平白雲觀本，一九七七年。

《太極圖說述解》，（明）曹端，《四庫全書珍本》六集，台灣、商務印書館，一九七六年。

《丹房須知》，（宋）吳悞，載《正統道藏》，台灣、新文豐出版公司影北平白雲觀本，一九七七年。

《左傳》，相傳左邱明作，周代末期作品，《四部叢刊》本。
《北史》，（唐）李延壽，北京、中華書局，一九七四年。
《占雲氣書》，（約唐）佚名，載《中國文物》第一期，一九七九年十月，頁八至十。
《四庫全書總目提要》，（清）永瑢等，上海、商務印書館，一九三三年。
《史記》，（漢）司馬遷，北京、中華書局，一九五九年。
《朱子全書》，（宋）朱熹（著），（清）李光地（編），康熙五十二年（一七一三）刊本。
《白香山詩集》、《白香山詩後集》，（唐）白居易，《四部備要》本。
《安天論》，（晉）虞喜，載（清）馬國翰（輯）：《玉函山房輯佚書》，娜嬛館補校本，光緒九年（一八八三年）。
《老學庵筆記》，（宋）陸游，上海、商務印書館影涵芬樓藏板本，一九一九年。
《本草品彙精要》，（明）劉文泰，北京、人民衞生出版社，一九六四年。
《列子》，題列禦寇著，周至漢之間的作品（並有晉人補入資料），《四部備要》本。
《列仙傳》，題劉向著，實爲晉人僞託，《叢書集成》本，上海、商務印書館，一九三六年。
《枕中記》，（唐）孫思邈，載《正統道藏》，台灣、新文豐出版公司影北平白雲觀本，一九七七年。
《抱朴子》，（晉）葛洪，《四部叢刊》本。
《尚書》，佚名，今文主要是周代作品，古文二十一篇爲梅賾（約三二〇年）僞造，《四部叢刊》本。
《明皇雜錄》，（唐）鄭處誨，《守山閣叢書》本。
《周易》，（周）佚名，西漢有增補，《四部叢刊》本。
《周易參同契發揮》，（宋）俞琰，《四庫全書珍本》十集，台灣、商務印書館，一九八〇年。
《金樓子》，（南梁）蕭繹，《四庫全書珍本別輯》本，台灣、商務印書館，一九七五年。

《孟子》，（周）孟軻，《四部叢刊》本。
《春秋繁露》，（漢）董仲舒，《四部叢刊》本。
《荀子》，（周）荀卿，《四部叢刊》本。
《南山文集》，（清）戴名世，桐城張仲沅重鐫本，光緒廿六年（一九〇〇年）。
《南史》，（唐）李延壽，北京、中華書局，一九七五年。
《益古演段》，（金·元）李冶，《四庫全書珍本別輯》本，台灣、商務印書館，一九七五年。
《悟眞篇》，（宋）張伯端，載《方壺外史叢編》第五卷，《屯字集》。
《晉書》，（唐）房玄齡（等），北京、中華書局，一九七四年。
《孫子算經》，（三國或晉或劉宋）孫子，《天祿琳瑯叢書》本，北平、故宮博物院據汲古閣景宋鈔本，一九三一年。
《純陽呂眞人藥石製》，題呂洞賓著，後唐作品，載《正統道藏》，台灣、新文豐出版公司影北平白雲觀本，一九七七年。
《淮南子》，（漢）劉安（等），《四部叢刊》本。
《黃白鏡》，（明）李文燭，《寶顏堂祕笈》本。
《黃帝九鼎神丹經訣》，（唐或宋）佚名，載《正統道藏》，台灣、新文豐出版公司影北平白雲觀本，一九七七年。
《張邱建算經》，（北魏或劉宋或南齊）張邱建，《天祿琳瑯叢書》本，北平、故宮博物院據汲古閣景宋鈔本，一九三一年。
《參同契五相類祕要》，題魏伯陽撰，作者不詳，（宋）盧天驥（註），載《正統道藏》，台灣、新文豐出版公司影北平白雲觀本，一九七七年。
《陸游集》，（宋）陸游，北京、中華書局，一九七六年。
《陰眞君金石五相類》（或作《金石五相類》），題陰眞君著，年代不詳，載《正統道藏》，台灣、新文豐出版公司影北平白雲觀本，一九七七年。
《渾儀注》，（漢）張衡，載（清）馬國翰（輯）：《玉函山房輯佚書》，嫏嬛館補校本，光緒九年（一八八三年）。
《萬曆野獲編》，（明）沈德符，北京、中華書局，一九八〇年。
《漢書》，（漢）班固，北京、中華書局，一九六二年。

《新唐書》，（宋）歐陽修、宋祁，北京、中華書局，一九七五年。

《感氣十六轉金丹》，（宋）佚名，載《正統道藏》，台灣、新文豐出版公司影北平白雲觀本，一九七七年。

《鄒子》，（戰國）鄒衍，載（清）馬國翰（輯）：《玉函山房輯佚書》，嫏嬛館補校本，光緒九年（一八八三年）。

《夢溪筆談》，（宋）沈括，北京、中華書局，一九五七年。

《管子》，題管仲著，周至西漢作品，《四部叢刊》本。

《論語》，（周）孔子門徒（編），《四部叢刊》本。

《論衡》，（漢）王充，《四部叢刊》本。

《數書九章》，（宋）秦九韶，《四庫全書珍本別輯》本，台灣、商務印書館，一九七五年。

《劉夢得文集》，（唐）劉禹錫，《四部叢刊》本。

《戰國策校注》，（秦）佚名，《四部叢刊》本。

《韓昌黎文集校注》，（唐）韓愈（馬其昶校注），上海、古典文學出版社，一九五七年。

《嶺外代答》，（宋）周去非，《四庫全書珍本別輯》本，台灣、商務印書館，一九七五年。

《舊唐書》，（五代）劉昫，北京、中華書局，一九七五年。

《魏書》，（北齊）魏收，北京、中華書局，一九七四年。

《爐火監戒錄》，（宋）俞琰，約一二八五年刊本。

《蠡海集》，（明）王逵，（1）商濬（輯）、李栻（重訂）：《稗海》，臨川李氏康熙間刊本，第十五册；（2）吳京（輯）：《續百川學海》，台灣、新興書局影明刊本，一九七〇年。

二、公元一八〇〇年以後的中文和日文書籍和論文

（按作者姓氏筆畫排列）

小野澤精一、福永光司、山井湧（編）：《氣の思想》，東京、東京大學出版社，一九七八年。

《中國大百科全書》出版社（編輯）：《中國大百科全書・天文學》（乙

種本），北京及上海、《中國大百科全書》出版社，一九八〇年。

中國天文學史整理研究小組：《中國天文學史》，北京、科學出版社，一九八一年。

中國科學院考古研究所、湖南省博物館寫作小組：《馬王堆二、三號漢墓發掘的主要收獲》，《考古》，一九七五年、一期，一九七五年一月，頁四七至五七及六一。

左益寰：《陰陽五行家的先驅者伯陽父——伯陽父、史伯是一人而不是兩人》，《復旦學報（社會科學版）》，一九八〇年一期（一九八〇年一月），頁九七至一〇〇。

朱文鑫：《歷代日蝕考》，上海、商務印書館，一九三四年。

杜石然：《朱世杰研究》，載《宋元數學史論文集》，北京、科學出版社，一九六六年，頁二一〇至二二四。

李廸：《唐代天文學家張遂（一行）》，上海、上海人民出版社，一九六四年。

何丙郁：《道藏・丹方鑑源》，香港、香港大學亞洲研究中心，一九八〇年。

何丙郁：《科技文獻輯存》，《香港大學馮平山圖書館金禧紀念論文集》（出版中）。

佐中壯：《韓愈と丹藥》，《歷史研究》，第三號，一九五七年，頁九二至九八。

竺可楨：《二十八宿起源之時代與地點》，《思想與時代》，第三十四期，一九四四年五月，頁一至二五。

席澤宗：《伽利略前二千年甘德對木衞的發現》，《天體物理學報》，第一卷二期，一九八〇年四月，頁八五至八八。

席澤宗：《一份關於彗星形態的珍貴資料——馬王堆漢墓帛書中的彗星圖》，《科技史文集》，第一輯，一九七八年十一月，頁三九至四三。

席澤宗、鄭文光：《天文學史的研究》，《自然雜誌》，第二卷四期，一九七四年四月，頁二一七至二一九。

馬王堆漢墓帛書整理小組：《〈五星占〉附表釋文》，《文物》，第十一期，頁三七至三九。

能田忠亮：《〈周髀算經〉の研究》，京都、誠一堂，一九三三年。

郭伯恭：《四庫全書纂修考》，北平、北平研究院史學研究會，一九三七年。

梅榮照：《李冶及其數學著作》，載《宋元數學史論文集》，北京、科學出版社，一九六六年，頁一〇四至一四八。

張星烺：《道家仙境之演變及其所受地理之影響》，《中國學報》，第一期，一九七〇年，頁六至十六。

陳久金：《渾天說的發展歷史新探》，《科技史文集》，第一輯，一九七八年十一月，頁五九至七四。

陳久金：《張衡的天文學思想》，《科技史文集》，第六輯，一九八〇年八月，頁二三至三一。

陳國符：《道藏源流考》，北京、中華書局，一九六三年。

陳遵嬀：《中國天文學史》第一册，上海、人民出版社，一九八〇年。

馮友蘭：《中國哲學史》，上海、商務印書館，一九三五年再版本。

董作賓：《殷曆譜》下編，《華西大學文史集刊》，第二期（一九四一年）。

潘鼐、王德昌：《宋皇祐星表——一部中世紀早期的中國恒星表》，《天文學報》，第二二卷二期，一九八一年六月，頁一〇七至一一八。

鄭文光、席澤宗：《中國歷史上的宇宙理論》，北京、人民出版社，一九七五年。

鄭文光：《中國天文學源流》，北京、科學出版社，一九七九年。

鄭文光：《中國古代的宇宙天限理論和現代宇宙學》，《科技史文集》，第一輯，一九七八年十一月，頁四四至五八。

劉金沂：《木衛的肉眼觀察》，《自然雜誌》，第四卷七期，一九八一年七月，頁五三八至五三九。

劉雲友：《中國天文史上的一個重要發現——馬王堆漢墓帛書中的〈五星占〉》，《文物》，第十期，一九七四年十一月，頁二八至三六。

橋本敬造：《〈崇禎曆書〉の成立と“科學革命”》，《關西大學社會學部紀要》，第十二卷十二號，一九八一年，頁六七至八四。

錢寶琮：《論二十八宿之來歷》，《思想與時代》，第四十三期，一九四七年三月，頁十至二十。

錢寶琮:《秦九韶〈數書九章〉研究》，載《宋元數學史論文集》，北京、科學出版社，一九六六年，頁六〇至一〇三。

錢寶琮（主編）:《中國數學史》，北京、科學出版社，一九八一年重版。

繆鉞:《李冶與李治釋疑》，《東方雜誌》，第三九卷十六期，一九四三年十月，頁四一。

藪內清:《中國古代の科學》，京都、角川書店，一九六四年。

寶鷄市博物館、千陽縣文化館、中國科學史研究所:《千陽縣西漢墓中出土算籌》，《考古》，一九七六年二期，一九七六年三月，頁八五至九四（及八四）。

三、西文書籍和論文

（按作者姓氏字母排列）

Akira Kobori, "Tsu Ch'ung-chih," *Dictionary of Scientific Biography*, 13 (New York, 1976): 484-485.

Ang Tian-se, "A Study of the Mathematical Manual of Chang Chiu-chien," M.A. dissertation, University of Malaya, Kuala Lumpa, 1969.

________, "I-Hsiang (683-727 A.D.): His Life and Scientific Work," inaug. dissertation, University of Malaya, Kuala Lumpa, 1979.

Beer, A., Ho, P.Y., Lu, G.D., Needham, J., Pulleyblank, E. and Thompson, G.I., "An 8th-Century Meridian Line," *Vistas in Astronomy*, 4 (1961): 3-28.

Clark, D.H. and Stephenson, F.R., *The Historical Supernovae* (Oxford, 1977).

Ho, P.Y., "Ancient and Mediaeval Observations of Comets and Novae in Chinese Sources," *Vistas in Astronomy*, 5 (1962): 127-225.

________, "The Lost Problems in the *Chang Ch'iu-chien suan-ching*, a Fifth-Century Mathematical Manual," *Oriens Extremus*, 12 (1965): 37-53.

———, *The Astronomical Chapters of the Chin Shu* (Paris, 1966).

———, "Alchemy on Stones and Minerals in Chinese Pharmacopoeias," *Chung Chi Journal*, 7 (1968): 155-170.

———, "Ancient Chinese Astronomical Records and their Modern Application," *Physics Bulletin*, 21 (1970): 260-263.

———, "Ch'in Ch'iu-shao, Thirteenth-century Chinese Mathematician," *Dictionary of Scientific Biography*, 3 (1971): 249-256.

———, "Chu Shih-chieh, Thirteenth-century Chinese Mathematician," *Dictionary of Scientific Biography*, 3 (1971): 265-271.

———, "The System of *the Book of Changes* and Chinese Science," *Japanese Studies in the History of Science*, 11 (1972): 23-39.

———, "Liu Hui," *Dictionary of Scientific Biography*, 8 (1973): 418-424.

———, "Li Chih, Thirteenth-century Chinese Mathematician," *Dictionary of Scientific Biography*, 8 (1973): 313-320.

———, "Magic Squares in East and West," *Papers on Far Eastern History*, 8 (1973): 115-141.

———, "Chinese Alchemical and Mediaeval Prescriptions: A Preliminary Study," *14th International Congress of the History of Science, Tokyo and Kyoto, Proceedings*, No. 3 (1974): 295-298.

———, "Yang Hui, Thirteenth-century Chinese Mathematician," *Dictionary of Scientific Biography*, 14 (1976): 538-546.

———, *Modern Scholarship in Chinese Astronomy* (Canberra, 1977).

———, *On the Dating of Taoist Alchemical Texts* (Brisbane, 1979).

———, *In Harmony with Nature: Principles spanning the Science and the Humanities* (University of Hong Kong, *Supplement to the Gazette*, 1982.)

———, "The *Ti-ching-t'u*, a Lost Manual on Mining and Geobotanical Prospecting," *Austrina* [Silver Jubilee Issue of the *Journal of the Australian Oriental Society*] (in press).

Ho, P.Y. and Ang Tian-se, "Chinese Astronomical Records on Comets

and Guest Stars in the Official Histories of Ming and Ch'ing and other Supplementary Source," *Oriens Extremus,* 17 (1970): 63-99.

Ho, P.Y. and Chan, H.L., "Li Yeh," Yuan Biographies: *Papers on Far Eastern History* (in press).

Ho, P.Y. and Goh, T.C., *Lu Yu, the Poet-Alchemist* (Canberra, 1973).

Ho, P.Y., Goh, T.C. and Parker, D., "Po Chü-i's Poems on Immortality," *Harvard Journal of Asiatic Studies,* 34 (1974): 163-186.

Ho, P.Y. and Lim, B., "Ts'ui Fang, a Forgotten 11th-century Chinese Alchemist," *Japanese Studies in the History of Science,* 11 (1972): 103-112.

Ho, P.Y., Lim, B. and Morsingh, F., "Elixir Plants: The *Ch'un-yang Lü Chen-jen yao shih chih* (Pharmaceutical Manual of the Adept Lü Ch'un-yang)," in Shigeru Nakayama and Sivin, N., ed., *Chinese Science: Exploration of an Ancient Tradition* (Camb. Mass. and London, 1973), pp. 153-202.

Ho, P.Y. and Needham, J., "Elixir Poisoning in Mediaeval China," *Janus,* 48 (1957): 221-251.

______________, "The Laboratory Equipment of the Early Mediaeval Chinese Alchemists," *Ambix,* 7 (1959): 57-115.

______________, "Theories of Categories in Early Mediaeval Chinese Alchemy," *Journal of the Warburg and Courtauld Institute,* 22 (1959): 173-210.

Ho, P.Y. and May Wang, "Kuo Shou-ching," Yüan Biographies: *Papers on Far Eastern History* (in press).

Ho, P.Y. and Yu, W.L., "Physical Immortality in the Early Nineteenth-century Novel *Ching-hua-yuan,*" *Oriens Extremus,* 21 (1974): 31-51.

Hoe, J., *Les Systèms d'èquations polynômes dans le Siyuan yujian* (Paris, 1977).

_______, *"The Jade Mirror of the Unknowns:* Some Reflections,"

Mathematical Chronicle, 7 (1978): 125-156.

Lam Lay-yong, *A Critical Study of the Yang Hui Suan Fa* (Singapore, 1977).

________, "Chu Shih-chieh's *Suan-hsueh ch'i-meng* (Introduction to Mathematical Studies)," *Archive for History of Exact Sciences*, 21 (1979): 1-31.

Libbrecht, U., *Chinese Mathematics in the Thirteenth-century: The Shu-shu Chiu-chang of Ch'in Chiu-shao* (Camb. Mass., 1973).

Liu Ts'un-yan, "The Compilation and Historical Value of the *Tao-tsang,*" in Donald Leslie, Colin Mackerras, Wang Gungwu, eds., *Essays on the Sources of Chinese History* (Canberra, 1974), pp. 104-119.

Needham, J., *Science and Civilisation in China* 7 volumes; vol. 1 (Cambridge, 1954); vol. 2 (Cambridge, 1956); vol. 3 (Cambridge, 1959); vol. 4 pt. 1 (Cambridge, 1962); vol. 4 pt. 2 (Cambridge, 1965); vol. 4 pt. 3 (Cambridge, 1971); vol. 5 pt. 2 (Cambridge, 1974); vol. 5 pt. 3 (Cambridge, 1976); vol. 5 pt. 4 (Cambridge, 1980); the rest either in press or in preparation.

Needham, J., Wang Ling, *Heavenly Clockwork: The Great Astronomical Clocks of Mediaeval China* (Cambridge, 1960).

Sarton, G., *Introduction to the History of Science* 3 volumes; vol. 1 (Baltimore, 1927); vol. 2 (2 pts.) (Baltimore, 1931); vol. 3 (3 pts.) (Baltimore, 1947).

Sen, Samarendra N., "Study of Indeterminate Analysis in Ancient India," *Proceedings of the Tenth International Congress of History of Science*, vol. 1 (1962): 493-497.

Sivin, N., *Chinese Alchemy: Preliminary Studies* (Cambridge, Mass., 1965).

René Thom, *Structural Stability and Morphogenesis* (Reading, Mass., 1975).

Ts'ao T'ien-ch'in, Ho, P.Y. and Needham, J., "An Early Mediaeval

Chinese Alchemical Text on Aqueous Solution," *Ambix*, 7 (1959): 122-158.

Ware, J.R., *Alchemy, Medicine and Religion in the China of A.D. 320: the 'Nei P'ien' of Ko Hung ('Pao-p'u-tzu')* (Cambridge, Mass. and London, 1966).

Wong, S.H., "The Cult of Chang San-feng," *Journal of Oriental Studies*, 17 (1979): 10-53.

Wu, L.C. and Davis, T.L., "An Ancient Chinese Treatise on Alchemy and Entitled *Ts'an-t'ung-ch'i*, Written by Wei Poyang about A.D. 142 . . . ," *ISIS*, 18 (1932): 210 ff.

______________, "An Ancient Chinese Alchemical Classic; Go Hung on the Gold Medicine, and the Yellow and the White; being the 4th and 16th Chapters of the *Pao-p'u-tzu* . . . ," *Proceedings of the British Academy*, 70 (1935): 221 ff.

Yabuuchi Kiyoshi, "Researches on the *Chiu-chih li* – Indian Astronomy under the T'ang Dynasty – ," *Acta Asiatica*, 36 (1979): 7-48.